

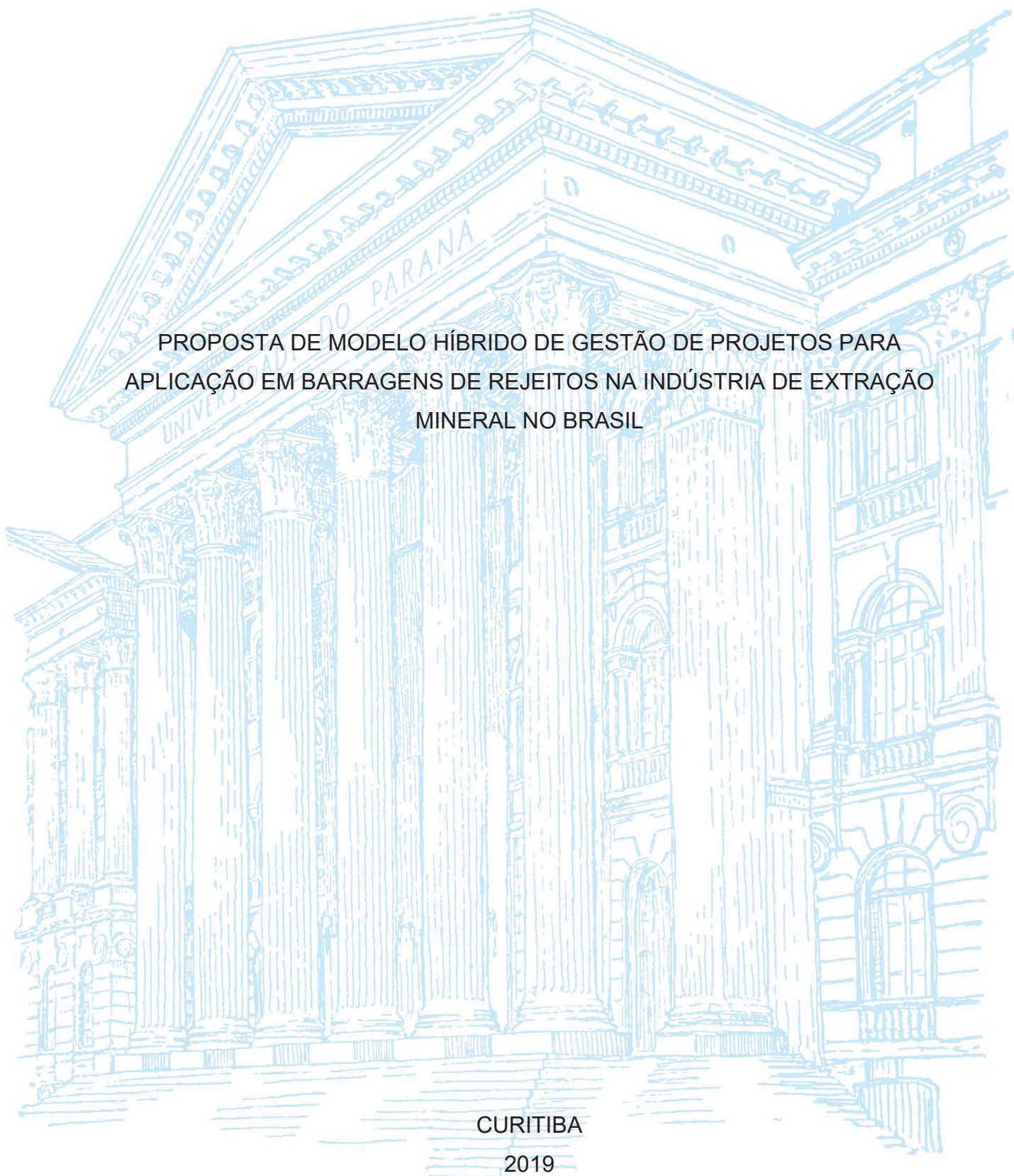
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLOS EDUARDO FLESCH BRETANHA JORGE

PROPOSTA DE MODELO HÍBRIDO DE GESTÃO DE PROJETOS PARA  
APLICAÇÃO EM BARRAGENS DE REJEITOS NA INDÚSTRIA DE EXTRAÇÃO  
MINERAL NO BRASIL

CURITIBA

2019



CARLOS EDUARDO FLESCH BRETANHA JORGE

PROPOSTA DE MODELO HÍBRIDO DE GESTÃO DE PROJETOS PARA  
APLICAÇÃO EM BARRAGENS DE REJEITOS NA INDÚSTRIA DE EXTRAÇÃO  
MINERAL NO BRASIL

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de “Mestre em Engenharia de Produção”, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Robson Seleme

CURITIBA

2019

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

---

- J82p Jorge, Carlos Eduardo Flesch Bretanha  
Proposta de modelo híbrido de gestão de projetos para aplicação em barragens de rejeitos na indústria de extração mineral no Brasil [Recurso eletrônico] / Carlos Eduardo Flesch Bretanha Jorge – Curitiba, 2019.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2019.
- Orientador: Robson Seleme
1. Gestão de projetos. 2. Projetos industriais. 3. Extração mineral – Barragens. I. Universidade Federal do Paraná. II. Seleme, Robson. III. Título.

CDD: 658.404

---

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585





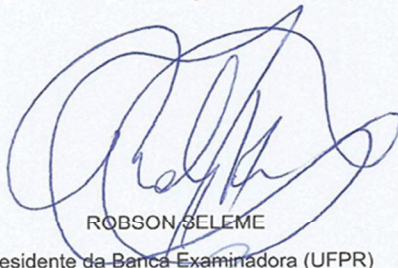
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO - 40001016070P1

## TERMO DE APROVAÇÃO

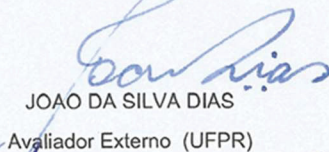
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **CARLOS EDUARDO FLESCH BRETANHA JORGE** intitulada: **Proposta de Modelo Híbrido de Gestão de Projetos Para Aplicação em Barragens de Rejeitos na Indústria de Extração Mineral no Brasil**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

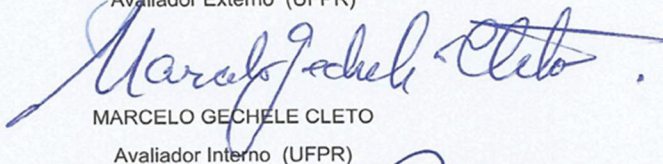
Curitiba, 21 de Fevereiro de 2019.



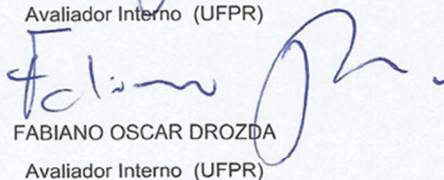
ROBSON SELEME  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



JOAO DA SILVA DIAS  
Avaliador Externo (UFPR)



MARCELO GEHELE CLETO  
Avaliador Interno (UFPR)



FABIANO OSCAR DROZDA  
Avaliador Interno (UFPR)



Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha mãe (in memoriam), que sempre falou que eu seria um “cientista famoso”,  
ao meu pai que sempre me incentivou nos estudos, à minha esposa que me dá o amor e a base para todas minhas decisões, e aos meus filhos que me enchem de energia, alegria e orgulho!!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus, o Grande Arquiteto do Universo, por sempre guiar meus passos e iluminar meu caminho para que cada dia eu tenha força, foco e fé para sobrepor meus obstáculos.

Agradeço à toda minha família, em especial minha esposa e meus filhos, meus pais, meu irmão, minha sogra (in memoriam), cunhados e cunhadas, sobrinhos e sobrinhas, primos e primas, que sempre me apoiaram e me incentivaram, direta ou indiretamente.

Agradeço ao meu professor e orientador Dr. Robson Seleme pelos ensinamentos e orientações durante esse longo período de mestrado, e principalmente por ter acompanhado o meu desenvolvimento.

Agradeço à professora e coordenadora do curso Dra. Izabel Zattar por toda sua energia, e também a todos os professores do programa que dedicaram o seu tempo a nos instruir nesse período. Agradeço também à Rafaela que sempre nos apoiou nas questões administrativas com muita alegria e dedicação.

Agradeço aos professores da minha banca de qualificação por suas dicas valiosas ao projeto, e aos professores da banca final de dissertação por aceitarem o meu convite e que muito me honram com as suas presenças.

Agradeço a todos os colegas do mestrado por seu companheirismo nas disciplinas que cursamos juntos e nos eventos que tivemos a oportunidade de participar, como os seminários SEPEP de 2017 e 2018.

Agradeço aos especialistas das empresas que participaram das entrevistas e forneceram informações valiosas para a confecção deste trabalho.

Agradeço aos coautores de artigos preparados durante o período do mestrado que ajudaram muito na revisão e em ideias.

Agradeço aos que me ajudaram de alguma maneira revisando artigos, projeto de dissertação para a qualificação e me oferecendo comentários, como meu padrinho Prof. Dr. Carlos Alberto Flesch, minha madrinha Prof<sup>a</sup>. Dra. Neiva Cristina (Vé) e tantos outros!

Agradeço ao amigo e mestre Rui Sedor que mesmo sem saber, e em uma conversa informal, sugeriu-me o curso e me incentivou a começá-lo.

Agradeço a todos os amigos e colegas que de alguma forma me ajudaram e apoiaram!



*... But you'll find out that sooner or later  
Nobody in this world is gonna do it for you  
Do what you gotta do...*

Garth Brooks, 1997

## RESUMO

A gestão de projetos é estudada há décadas e percebe-se que o ambiente em que um projeto está inserido tem se tornado bastante complexo com respeito aos *stakeholders*, às necessidades do negócio e às questões socioambientais com foco no longo prazo. Isso mostra a importância de avaliar o ciclo de vida de projeto de uma maneira abrangente, incluindo desde uma fase de pré-projeto até considerações da fase de operações. Um exemplo de projeto que está inserido em um ambiente complexo é o de barragens de rejeitos para a indústria de extração mineral, não somente pelos desafios técnicos existentes, mas também pelo impacto em seu entorno. Desastres ocorridos no Brasil em barragens da Samarco em 2015 e da Vale em 2019 mostram a extrema necessidade de que a gestão do projeto aborde fatores do entorno do projeto, incluindo o *business case*, os riscos envolvidos e os vários aspectos de sustentabilidade. A revisão de literatura sobre as metodologias de gestão de projetos apoiou a integração das várias metodologias existentes, não somente do ciclo de vida tradicional de um projeto, mas também de ferramentas e práticas externas ao projeto. Adicionalmente, a revisão caracterizou a indústria de mineração no Brasil e mostrou a relevância dos projetos em barragens de rejeitos dessa indústria. A pesquisa também inclui entrevistas semiestruturadas com os especialistas em barragens de rejeitos das maiores empresas no Brasil. Com base nas integrações das metodologias e na visão dos especialistas, o trabalho desenvolve um modelo híbrido de gestão de projetos para barragens de rejeitos. As decisões em um projeto com esse escopo não devem ser somente em questões econômicas, mas também devem ter considerações importantes de riscos e potenciais impactos nas comunidades e no meio-ambiente. O modelo apresentado integra as metodologias de uma maneira a incluir no planejamento de um projeto aspectos de sustentabilidade socioambiental, levantamento de riscos de operação e considerações até o fechamento e reabilitação da barragem. O modelo também apresenta os principais documentos e entregas para cada fase do projeto, com foco nos objetivos de longo prazo do negócio.

**Palavras-chave:** Modelo de gestão de projetos. Projetos Industriais. Projetos complexos. Extração Mineral. Barragens de rejeitos minerais.



## ABSTRACT

Project management is a subject of study for decades and the environment where the project is inserted has become very complex with respect to the stakeholders, sustainability issues and business needs. That shows the importance for an evaluation of the project life cycle in a broad way, including a pre-project phase until the phase of operations and beyond. An example of project that is in a complex context is the tailings dam for the mining industry, not only because its existing technical challenges, but also because of its impact in its surroundings. Some disasters with tailings dam in Brazil in 2015 for Samarco and 2019 for Vale show the extreme need for the project management to include external factors from the project, including the business case, the potential risks and the various aspects of sustainability. The bibliographic review about project management supported the integration of the various existing methodologies, not only in the traditional life cycle of the project, but only with tools and practices external to the project. Additionally, the revision characterized the mining industry in Brazil, showing the relevance of the tailings dam projects in that industry. The research has also included semi structured interviews with tailing dam specialists from the largest mining companies in Brazil. Based on the integration of the methodologies and the experts' opinion, this work develops a hybrid model for the project management of tailing dams in the mining industry in Brazil. The decisions in a project with that scope should not be based only on economic factors, but also should consider risks and potential impact in the communities and in the environment. The model presented integrated the methodologies in a way to include in the project planning aspects such as social and environmental sustainability, operational risks quantification and considerations until the closing and rehabilitation of the tailings dam. The model also presents the main documents and deliverables for each phase of the project, with the focus on the long-term objectives of the business.

**Key-words:** Project Management Model, Industrial Projects. Complex Projects, Mining Industry, Tailings Dam.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FLUXO SIMPLIFICADO DOS PROCESSOS DA INDÚSTRIA DE MINERAÇÃO .....	25
FIGURA 2 – TEMPLO GOBLEKI TEPE .....	29
FIGURA 3 – CICLO DE VIDA SIMPLIFICADO DE UM PROJETO .....	32
FIGURA 4 – CICLO DE VIDA DE PROJETOS ABRANGENTE COM FASE FRONT END.....	33
FIGURA 5 – A CURVA DE INFLUÊNCIA NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS.	34
FIGURA 6 – OS PROCESSOS DA METODOLOGIA PRINCE2® .....	38
FIGURA 7 – FASES DO FRONT END LOADING E DO PROJETO .....	40
FIGURA 8 - MODELO <i>FRONT END LOADING</i> EM TRÊS FASES E MODELO ESTENDIDO .....	45
FIGURA 9 – CURVA DE INFLUÊNCIA NO CICLO DE VIDA ESTENDIDO DE PROJETOS .....	46
FIGURA 10 – FATORES EXTERNOS QUE AFETAM O CICLO DE VIDA DO PROJETO .....	48
FIGURA 11 – PROCESSOS DA FORMATAÇÃO ( <i>SHAPING</i> ) PARA PROJETOS...	49
FIGURA 12 – CICLO DE VIDA DE UMA BARRAGEM DE REJEITOS.....	58
FIGURA 13 – ESTRUTURA TÍPICA PARA PROJETOS DE BARRAGENS DE REJEITO.....	59
FIGURA 14 – ESPECTRO DE ABORDAGENS PARA MODELAGEM DE SISTEMAS .....	60
FIGURA 15 – MODELO INICIAL DE 7 ESTÁGIOS DA METODOLOGIA SSM .....	62
FIGURA 16 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANÁLISE CATWOE .....	64
FIGURA 17 – PERSPECTIVA <i>HARD</i> PARA GESTÃO DE PROJETOS .....	66
FIGURA 18 – PERSPECTIVA <i>SOFT</i> PARA GESTÃO DE PROJETOS .....	66
FIGURA 19 – RESUMO DOS ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....	69
FIGURA 20 – PASSOS DO SSM PARA A ANÁLISE E PARA O MODELO .....	73
FIGURA 21 - INTEGRAÇÃO ENTRE AS METODOLOGIAS PRINCE2®, FEL E GUIA PMBOK®.....	75
FIGURA 22 – INTEGRAÇÃO ENTRE OS NÍVEIS TÉCNICO, ESTRATÉGICO E INSTITUCIONAL NO ÂMBITO DA GESTÃO DE PROJETOS.....	77



FIGURA 23 – <i>RICH PICTURE</i> COM <i>STAKEHOLDERS</i> EM UM PROJETO DE EXTRAÇÃO MINERAL.....	79
FIGURA 24 – MODELO HÍBRIDO PARA GESTÃO DE PROJETOS EM BARRAGENS DE REJEITOS .....	94
FIGURA 25 - BARRAGENS DE MINERAÇÃO INSERIDAS NA PNSB.....	127
FIGURA 26 - BARRAGENS DE MINERAÇÃO NÃO INSERIDAS NA PNSB .....	128

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CRESCIMENTO DO INVESTIMENTO EM EXPORTADORES DE <i>COMMODITIES</i> .....	17
GRÁFICO 2 – PRODUÇÃO MINERAL BRASILEIRA (PMB) .....	18
GRÁFICO 3 – EVOLUÇÃO DO COMÉRCIO EXTERIOR DE BENS MINERAIS .....	53
GRÁFICO 4 – CONHECIMENTO E APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO DE PROJETOS .....	87

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – RESUMO DOS OBJETIVOS, AÇÕES E INSTRUMENTOS DE PESQUISA .....	26
QUADRO 2 – COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS DE PROJETO GUIA PMBOK®, PRINCE2® FEL .....	43
QUADRO 3 – CONTRADIÇÕES ENTRE O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O GERENCIAMENTO DE PROJETOS .....	51
QUADRO 4 – ESTÁGIOS DO CICLO DE VIDA DE UMA MINA .....	57
QUADRO 5 – ASPECTOS PRÁTICOS DA PESQUISA OPERACIONAL <i>HARD</i> E <i>SOFT</i> .....	61
QUADRO 6 – ATIVIDADES DA SSM E SUAS FERRAMENTAS PRINCIPAIS .....	63
QUADRO 7 – CONTRASTE DAS PERSPECTIVAS <i>HARD</i> E <i>SOFT</i> PARA GESTÃO DE PROJETOS .....	65
QUADRO 8 – CATWOE PARA O MODELO DE GESTÃO DE PROJETOS DE BARRAGENS.....	82
QUADRO 9 – OS 5ES PARA A GESTÃO DE PROJETOS DE BARRAGENS .....	82
QUADRO 10 – RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA GESTÃO DE PROJETOS NAS EMPRESAS .....	91

QUADRO 11 – PRINCIPAIS RESPONSÁVEIS, ENTRADAS E ENTREGAS PARA CADA FASE DO CICLO DE VIDA DO PROJETO DE BARRAGENS.....	97
--	----

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – QUANTIDADE DE PROCESSOS NO GUIA PMBOK® NA MATRIX ÁREA DE CONHECIMENTO X GRUPOS DE PROCESSOS.....	36
TABELA 2 – MAIORES EMPRESAS DE MINERAÇÃO DO BRASIL.....	55
TABELA 3 – OUTRAS EMPRESAS BRASILEIRAS COM PRODUÇÃO RELEVANTE .....	56



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AACE	- <i>Association for Advancement of Cost Engineering</i>
ABEPRO	- Associação Brasileira de Engenharia de Produção
BDTD	- Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
CBA	- Companhia Brasileira de Alumínio
CETEM	- Centro de Tecnologia Mineral
CFEM	- Compensação Financeira por Exploração de Recursos Minerais
CII	- <i>Construction Industry Institute</i>
CONFEA	- Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
CPM	- <i>Critical Path Method</i> (Método do Caminho Crítico)
CSN	- Companhia Siderúrgica Nacional
DMAIC	- <i>Define, Measure, Analyze, Implement, Control</i>
DNPM	- Departamento Nacional de Produção Mineral
ELAW	- <i>Environmental Law Alliance</i>
FEL	- <i>Front End Loading</i>
FED	- <i>Front End Development</i>
FEED	- <i>Front End Engineering Design</i>
FEP	- <i>Front End Planning</i>
GPM	- <i>Green Project Management</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	- Instituto Brasileiro de Mineração
IMEC	- International Program in the Management of Engineering and Construction
IPA	- <i>Independent Project Analysis, Inc.</i>
IPMA	- <i>International Project Management Association</i>
IPM	- Índice de Produção Mineral
NDLTD	- <i>The Networked Digital Library of Theses and Dissertations</i>
PDRI	- <i>Project Definition Rating Index</i>
PERT	- <i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PMBOK	- <i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	- <i>Project Management Institute</i>
PPP	- <i>Pre-Project Planning</i>
PRINCE2®	- <i>Projects in a Controlled Environment</i>

PRiSM	- <i>Projects Integrating Sustainable Methods</i>
PWC	- PriceWaterHouse Coopers
SSM	- <i>Soft Systems Methodology</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1	OBJETIVOS .....	21
1.1.1	Objetivo Geral.....	21
1.1.2	Objetivos Específicos .....	21
1.2	JUSTIFICATIVA.....	21
1.2.1	Para a área Acadêmica .....	21
1.2.2	Para a Engenharia de Produção .....	22
1.2.3	Para o Setor de Mineração.....	23
1.2.4	Para a Área de Gestão de Projetos .....	24
1.3	DELIMITAÇÃO .....	24
1.4	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....	26
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	27
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>28</b>
2.1	CONTEXTO DA GESTÃO DE PROJETOS.....	28
2.1.1	Definição e histórico de projetos.....	29
2.1.2	Ciclo de vida de um projeto .....	32
2.1.3	A Curva de Influência no Ciclo de Vida dos Projetos.....	33
2.2	MÉTODOS, PADRÕES E PRÁTICAS NA GESTÃO DE PROJETOS.....	34
2.2.1	PMI e o Guia PMBOK® .....	35
2.2.2	PRINCE2® .....	37
2.2.3	A Fase de Front-End e o Front-End Loading (FEL).....	39
2.2.4	Considerações sobre metodologias ágeis .....	41
2.2.5	Comparação entre as metodologias de gestão de projetos.....	42
2.3	ELEMENTOS EXTERNOS AO CICLO DE VIDA DE PROJETOS .....	44
2.3.1	Fase de Shaping.....	48
2.3.2	PRiSM e a Sustentabilidade .....	49
2.4	EXTRAÇÃO MINERAL E AS BARRAGENS DE REJEITOS .....	51
2.4.1	Breve histórico da extração mineral no Brasil.....	51
2.4.2	Importância da mineração no Brasil .....	53
2.4.3	Empresas da indústria de extração mineral no Brasil.....	54
2.4.4	Projetos na indústria de extração mineral.....	56
2.4.5	Projetos de barragens de rejeitos .....	57

2.4.6	Organização para um projeto de barragem de rejeitos.....	59
2.4.7	Considerações sobre a indústria de extração mineral no Brasil .....	60
2.5	DESCRIÇÃO DA <i>SOFT SYSTEMS METHODOLOGY</i> (SSM) .....	60
2.5.1	SSM aplicada na gestão de projetos .....	65
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DE PESQUISA .....</b>	<b>67</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	67
3.2	ETAPAS DA PESQUISA .....	69
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DAS METODOLOGIAS DE PROJETOS E PESQUISA DE CAMPO .....</b>	<b>73</b>
4.1	ANÁLISE INTEGRADA DAS METODOLOGIAS DE PROJETOS .....	74
4.2	LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA .....	79
4.3	FERRAMENTAS SSM DE APOIO ÀS INTEGRAÇÕES.....	81
4.4	ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO .....	83
4.4.1	Importância e desafios dos projetos de barragens de rejeitos.....	84
4.4.2	Caracterização do ambiente de projetos das empresas.....	85
4.4.3	Caracterização do respondente das empresas selecionadas .....	86
4.4.4	Processos e práticas de gestão de projetos utilizados .....	88
4.4.5	Comentários sobre as integrações das metodologias .....	91
4.4.6	Exemplos e oportunidades futuras para barragens de rejeitos.....	93
<b>5</b>	<b>MODELO HÍBRIDO .....</b>	<b>94</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>106</b>
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	108
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>110</b>
	<b>APÊNDICE – ROTEIRO SEMI-ESTRUTURADO PARA ENTREVISTA COM OS ESPECIALISTAS NAS EMPRESAS SELECIONADAS .....</b>	<b>124</b>
	<b>ANEXO – LOCALIZAÇÃO DAS BARRAGENS DE REJEITOS NO BRASIL.....</b>	<b>127</b>



## 1 INTRODUÇÃO

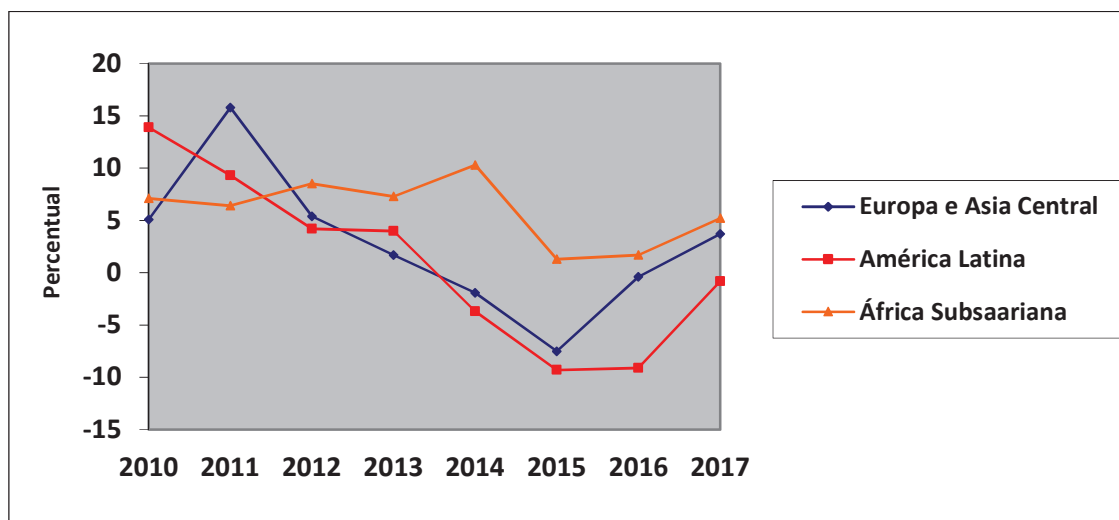
*Ou iremos encontrar um caminho, ou construiremos um.*<sup>1</sup>

O setor de extração mineral é importante para a economia global, não só pelos materiais fornecidos e pela ligação com as cadeias de suprimento, mas também pelo avanço econômico e pelos empregos que gera (WORLD ECONOMIC FORUM, 2015). Por outro lado, o setor, que é predominantemente de *commodities*, como minério de ferro, cobre, alumínio, ouro, prata e outros, é afetado pelos mercados globais, como no caso da crise financeira que iniciou em meados de 2008 (CRETI; JOËTS; MIGNON, 2013; KARYOTIS; ALIJANI, 2016; ÖZTEK; ÖCAL, 2017), acarretando a redução dos preços de *commodities* globais.

Por sua vez, esta redução de preços foi um dos fatores que levou à diminuição significativa da quantidade de investimentos em projetos de capital, principalmente em países emergentes (WORLD BANK GROUP, 2017).

No entanto, a partir de 2015, já se pode perceber o retorno do crescimento dos investimentos em vários países emergentes, em diversas *commodities*, incluindo energia, metais e agricultura. O GRÁFICO 1 mostra o percentual de aumento destes investimentos em três regiões exportadoras de *commodities*: Europa e Ásia Central (EAC), América Latina e Caribe (ALC) e África Subsaariana (ASS).

GRÁFICO 1 - CRESCIMENTO DO INVESTIMENTO EM EXPORTADORES DE *COMMODITIES*



FONTE: Adaptado de WORLD BANK GROUP (2018).

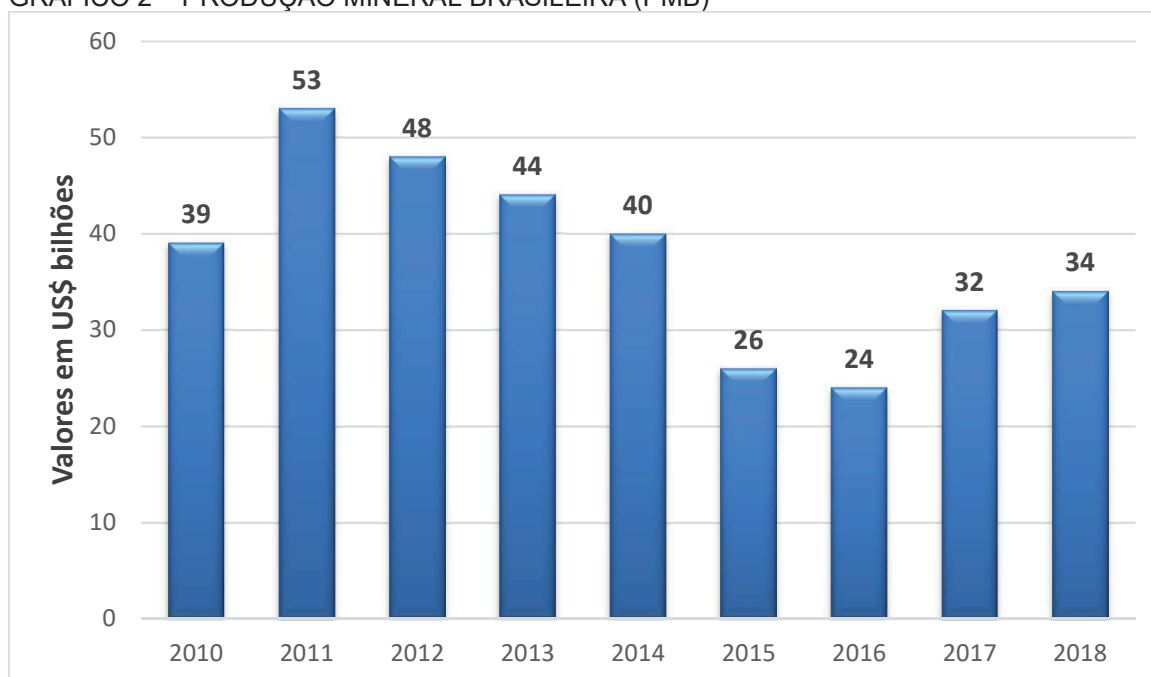
NOTA: Dados de 2017 como estimativa.

<sup>1</sup> ANÍBAL – general cartaginês, nascido em 248 A.C., que conseguiu infligir duras derrotas ao Exército de Roma, o mais poderoso da época.

No caso da mineração, os grandes responsáveis por essas exportações e pelos investimentos significativos no setor são as grandes empresas mundiais (PRICE WATERHOUSE COOPERS (PWC), 2017). De acordo com a PWC (2017), as 40 maiores empresas do mundo estão voltando a investir, após um controle maior de seus investimentos ocorrido até o início de 2016. A previsão é de um aumento significativo do uso dos recursos minerais, conforme Christmann (2018). Os investimentos em exploração e abertura de novas minas estão sendo retomados, já que a demanda também está em crescimento (PORTAL DA MINERAÇÃO, 2017).

O setor ainda é de extrema importância ao Brasil, responsável por 21% do valor monetário das exportações do país (ALVES, 2018), tendo previsão de obter maior crescimento no mercado global (BREWSTER; FETH, 2018). Hoje, a mineração representa 16,7% do PIB Industrial, tendo um faturamento de mais de US\$ 32 bilhões em 2017, e gerando mais de 180 mil empregos diretos (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM), 2018). A tendência de produção no Brasil, desde 2016, é de crescimento, após vários anos de redução, conforme GRÁFICO 2.

GRÁFICO 2 – PRODUÇÃO MINERAL BRASILEIRA (PMB)



FONTE: Adaptado de IBRAM (2018).

NOTA: Valores Exclusivos da Indústria Extrativa Mineral (não inclui Petróleo e Gás).

A PMB é a soma de todos os bens minerais produzidos no país, calculados em bilhões de dólares pela metodologia IBRAM. (O valor de 2018 é estimado).

Vários projetos de grande porte na mineração foram implementados no Brasil nos últimos anos, com destaque ao maior deles, o S11D pela empresa VALE

(VALE, 2016). Outros projetos, também de grande porte, como a expansão do Minas-Rio, pela Anglo American, estão sendo anunciados para os próximos anos. (ELS, 2018).

É importante notar que as dificuldades neste tipo de projeto de mineração são inúmeras, tais como: altos riscos (FOO; BLOCH; SALIM, 2017); mercados incertos e complexidade de novos projetos (SAVOLAINEN, 2016); conflitos sociais (PAREDES, 2016); difícil contratação e relação com fornecedores (BRAHM; TARZIÁN, 2015) e necessidade de projetos sustentáveis (CORDER, 2015; CORDER; MCLELLAN; GREEN, 2010). Tais dificuldades foram primeiramente apresentadas na obra de Adam Smith, em 1776, portanto, há quase 250 anos atrás, data de sua primeira edição (SMITH, 1776). Menciona o autor:

Dentre todos os projetos dispendiosos e incertos que levam à bancarrota a maior parte das pessoas que a eles se dedicam, talvez não tenha havido nenhum mais prejudicial do que a procura de novas minas de prata e ouro. Os projetos de mineração, em vez de repor o capital neles empregado, juntamente com os lucros normais do capital, comumente absorvem tanto o capital como o lucro. ... Tal é, na realidade, a confiança absurda que quase todas as pessoas têm em sua própria boa sorte que, onde quer que haja a mínima probabilidade de êxito, uma parcela excessivamente grande de capital tende a ser aplicada espontaneamente em tais projetos. (SMITH, 1996, p.63)

Tantas dificuldades fazem com que muitos projetos não alcancem seus objetivos, e várias pesquisas têm demonstrado resultados que estão aquém do esperado. De acordo com Bechtel (2016) a média de sobre-custos em projetos em ambientes complexos é de 80% acima da linha base, com um atraso médio de 20 meses. Com esses atrasos significativos, os resultados do projeto podem ser afetados por mudanças no mercado que não haviam sido consideradas no início da viabilidade do projeto. Para Merrow (2011) apenas um quarto dos megaprojetos atingem os seus objetivos, tanto de custo e prazo como da qualidade final das operações. Para projetos de construção de grande porte menos de um terço alcançam resultados favoráveis de planejamento de custos (KPMG, 2015). Já para o *Construction Industry Institute* (CII), 80% dos projetos não cumprem com objetivos estabelecidos no início do projeto.

Para diminuir as incertezas e alcançar resultados melhores nos projetos, é necessária uma metodologia de planejamento dos projetos (JOSLIN; MÜLLER, 2015). Além das práticas e ferramentas conhecidas de institutos e associações ao redor do mundo (INTERNATIONAL PROJECT MANAGEMENT ASSOCIATION (IPMA), 2018; PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI), 2018), e das

metodologias amplamente utilizadas como o PRINCE2® (AXELOS, 2018) e *Agile* (HIGHSMITH et al., 2001) há outras que incluem o planejamento em fases, ou portões, e são conhecidas pela sua utilização na indústria de construção, mineração e outras indústrias, que são o *Front End Loading* (FEL) (IPA, 2018), e também *Front End Planning* (FEP) (CII, 2018).

O tempo e o esforço gastos no planejamento do projeto, ou como também é conhecido, no *front-end* de um projeto, consistindo na definição, seleção e planejamento do conceito, é menos de um terço do seu tempo total, mas tem um impacto enorme nos resultados (FLYVBJERG, 2011). Merrow (2011) também menciona que o *FEL* é um investimento que, em pouco tempo, se paga.

No entanto, nem sempre as metodologias são aplicadas diretamente nas empresas como padrões fixos, ou como uma legislação. Usualmente, elas sofrem um grau de adequação, o que é benéfico quando uma série de projetos contêm requerimentos únicos (DEFILLIPPI; SYDOW, 2016). Em outras palavras, as metodologias aplicadas, com suas ferramentas e processos, devem ser adaptadas à cultura de cada empresa (KERZNER, 2009), além de considerar circunstâncias particulares do projeto e do negócio (GIBSON JR. et al., 2006).

Este é o caso dos projetos de barragens de rejeitos, que contém várias peculiaridades como a necessidade de uma grande área para sua implementação, requerimento de um tempo elevado para o licenciamento ambiental, além do impacto de longo prazo do resultado do projeto, tanto para a empresa como para a comunidade, governo e outros *stakeholders*.

Especificamente, no Brasil, um estudo mostrou que não é possível ter uma abordagem de gerenciamento de projetos “tamanho único” para as diversas empresas e setores (MARQUES JUNIOR; PLONSKI, 2011). Este trabalho busca então, além de pesquisar sobre as metodologias de gestão de projetos existentes, também conhecer quais metodologias são aplicadas no setor de mineração do Brasil e como estas metodologias poderiam ser integradas em um modelo híbrido para os projetos de barragens de rejeitos.

Assim, a pergunta de pesquisa é: **Como as metodologias existentes de gestão de projetos podem ser utilizadas de uma maneira integrada de forma a auxiliar as empresas da indústria de extração mineral brasileira na tomada de decisão em projetos de barragens de rejeitos?**



## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Propor um modelo híbrido de gestão de projetos para a indústria de extração mineral brasileira, especificamente no escopo de barragens de rejeitos, com base nas metodologias existentes e predominantemente utilizadas pelas grandes empresas do setor.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Investigar as metodologias e práticas de gestão de projetos existentes na literatura, relacionando e apresentando suas principais características;
- Identificar as características dos projetos de barragens de rejeitos na indústria de extração mineral;
- Avaliar o uso das metodologias de gestão de projetos aplicadas pelas grandes empresas de extração mineral em projetos de barragens de rejeitos;

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho deve contribuir para o conhecimento em diversas áreas e em diferentes aspectos. A pesquisa propõe uma abordagem científica de pesquisa para apresentar as metodologias aplicadas na indústria da mineração brasileira e trazer uma pesquisa com especialistas para apoiar as conclusões. As perspectivas em que o trabalho terá relevância incluem: a área Acadêmica, Engenharia de Produção, o setor de Mineração e área de Gestão de Projetos.

### 1.2.1 Para a área Acadêmica

De acordo com a busca realizada sobre o tema, e descrita no capítulo de metodologia deste trabalho, pode-se verificar a contribuição nessa área. Através de uma leitura atenta de tais trabalhos percebeu-se que, diversos deles estavam diretamente conectados com esta pesquisa, o que mostrou a necessidade e a relevância de um estudo mais aprofundado sobre o tema.

Alguns trabalhos apresentam estudos de caso com a aplicação da metodologia FEL em empresas de mineração (BRUM, 2013; CARVALHO, 2012; FERREIRA, 2011; NETO, 2011); já outros trabalhos abordam focos específicos, como licenciamentos ambientais (OLIVEIRA, 2016), e gestão de riscos (MULISANI,

2013). Outros ainda falam da complexidade e incerteza do setor de mineração, colocando como necessária a avaliação de opções para os projetos (OLIVEIRA, 2015) e também da necessidade de inovação para o desenvolvimento de projetos de mineração sustentáveis (PASSOS, 2015). Finalmente, Prado (2011) sugere um modelo estruturado para projetos em indústria de processos e, Moraes (2010) propõe um modelo abordando a “metodologia enxuta” juntamente com o FEL.

Adicionalmente nas teses e dissertações pesquisadas foram verificados trabalhos com direta referência a esta pesquisa, como ‘estudos de caso’ (VIVANCO HUAYTARA, 2015), ‘metodologia de priorização de projetos’ (MOUTON, 2010), avaliação do planejamento dos custos através do ciclo de vida do projeto de mineração (VAN VUUREN, 2013) e a correlação do FEL com os custos previstos em países em desenvolvimento (HAMYRAD, 2015).

Apesar de existirem diversas publicações sobre o tema, elas não abordam, de maneira estruturada, um estudo das metodologias de projeto, suas aplicações e adaptações para a indústria de mineração brasileira no escopo de barragens de rejeitos, tornando assim esta pesquisa relevante.

### 1.2.2 Para a Engenharia de Produção

De acordo com a Tabela de Área da Engenharia de Produção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO [ABEPRO], 2008), a gestão de projetos é referida em mais de uma subárea de conhecimento da Engenharia de Produção. A primeira subárea, a de ‘Engenharia de Operações e Processos da Produção’, refere-se a “projetos e melhorias dos sistemas que criam e entregam os produtos e serviços”, incluindo projetos de fábrica e instalações industriais, e está relacionado com a indústria de mineração. A gestão de projetos também aparece na sexta subárea, a de ‘Engenharia Organizacional’, que inclui o planejamento estratégico operacional, e ainda, indiretamente, na subárea da ‘Engenharia Econômica’, com a gestão de custos, riscos e investimentos. O estudo da mineração está diretamente conectado à subárea da Engenharia da Sustentabilidade, abordando temas da gestão de recursos naturais e energéticos, além do desenvolvimento sustentável.

Avaliando, adicionalmente, a Matriz de Conhecimento da Engenharia de produção (CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA [CONFEA], 2008), a gestão de projetos aparece como um tópico

dentro da ‘Engenharia Organizacional’, incluindo elaboração, planejamento, controle e viabilidade de projetos, além de ser um tópico de gestão financeira de projetos dentro da ‘Engenharia Econômica’, com conteúdo de análise de investimentos, classificação de projetos, análise de custos e outros. A mineração está inserida como um dos tópicos da ‘Engenharia de Processos Físicos de Produção’, sendo um processo de fabricação de natureza mecânica, e também como gestão de recursos naturais.

Ao apresentar todos esses dados, pretende-se mostrar que esta pesquisa possui uma direta relevância dentro da Engenharia de Produção, e que pode contribuir para o seu conhecimento e para a melhoria da eficiência e produtividade dentro das organizações a serem estudadas.

### 1.2.3 Para o Setor de Mineração

A demanda global por *commodities* minerais está crescendo (BREWSTER; FETH, 2018). Esse crescimento de mercado, em conjunto com o aumento dos preços das *commodities*, irá incentivar investimentos em vários ambientes globais (ARTETA; STOCKER, 2018). Os investimentos no setor trarão a necessidade de se avaliar novos projetos para a expansão da produção, além da busca por novos métodos de extração e de beneficiamento de minerais, como o minério de ferro, ouro, cobre e outras *commodities*.

Existem no Brasil mais de 150 minas consideradas grandes em regime de concessão de lavra, com uma produção acima de 1 milhão de toneladas/ano, existindo mais de 9000 minas totais (micro, pequenas e médias) (IBRAM, 2018). Essas grandes minas requerem investimentos constantes para manterem o seu nível de produção, ou aumentarem seu patamar. O número de concessões de lavra até o final de janeiro de 2018 já é, aproximadamente, metade do que era no ano anterior, e há 25 projetos já anunciados no país com faixa de investimentos entre US\$ 20 milhões e US\$ 4,8 bilhões (ALVES, 2018).

No entanto, o crescimento dos investimentos traz também mais riscos, principalmente no assunto de barragens de rejeitos. Com o aumento da produção há também uma probabilidade maior de falhas. No Brasil são mais de 700 barragens com um risco alto e um alto dano potencial (DINIZ, 2019). Acidentes graves já aconteceram, como foi o da Samarco em Mariana-MG no ano de 2015 (BIANCHI et al., 2016) e o da Vale em Brumadinho em janeiro de 2019 (BBC, 2019). Este último

aconteceu durante a finalização deste trabalho e ainda não se conhecem as suas causas, mas de acordo com BBC (2019) sabe-se que o impacto foi significativo no ambiente e na comunidade, com mais de 100 mortes e ainda 200 desaparecidos.

Sendo assim, este trabalho traz uma perspectiva de metodologias que podem ser aplicadas na indústria de extração mineral, mais especificamente no escopo de barragens de rejeitos, para obter resultados sustentáveis a longo prazo em seus processos e projetos.

#### 1.2.4 Para a Área de Gestão de Projetos

Projetos, em especial, os complexos e de grande porte, precisam de tempo para serem amadurecidos e/ou planejados. “Projetos com sucesso não são selecionados, mas formados”<sup>2</sup> (PRIEMUS; FLYVBJERG; VAN WEE, 2008, p. 6). Em suas palavras, as sementes devem ser plantadas cedo no projeto, para que ele cresça bem-sucedido. As tomadas de decisão e planejamento também devem ser realizadas em etapas prematuras do projeto. Para se assegurar que um projeto possa ter êxito, deve-se verificar se existem estratégias e práticas comprovadas dentro da empresa ou do projeto, e se elas estão integradas dentro de um processo disciplinado de gestão (MERROW, 2011).

Este trabalho consolida pesquisas já realizadas em projetos, tanto nas comparações das metodologias (MATOS; LOPES, 2013) como em diversos aspectos da gestão (PADALKAR; GOPINATH, 2016), abordando diferentes aspectos das metodologias de gestão de projetos existentes, além de trazer novas perspectivas dentro de um setor industrial brasileiro de grande importância, mas que poderia também ser expandido para outras indústrias e setores.

### 1.3 DELIMITAÇÃO

Uma metodologia de projetos pode ser aplicada de diversas maneiras em diferentes contextos (KERZNER, 2009). Existe necessidade de se estudar temas específicos em áreas específicas, para incrementar o corpo de conhecimento em projetos (PADALKAR; GOPINATH, 2016). Com isso, para a delimitação do universo de pesquisa deste trabalho, foi selecionada a indústria de extração mineral, com

---

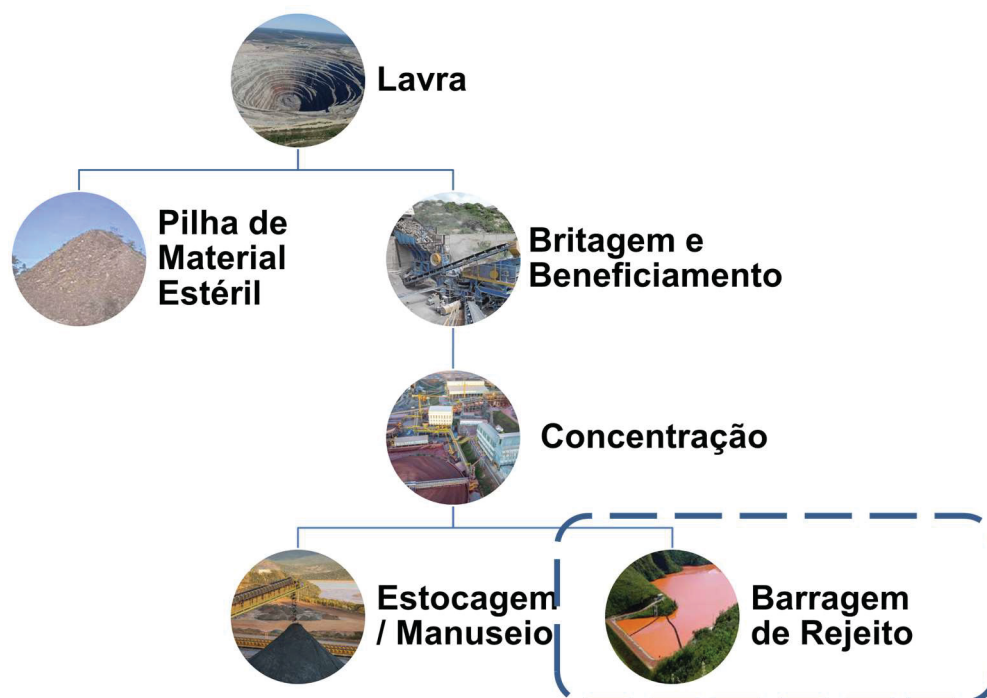
<sup>2</sup> “*Successful projects are not selected but shaped*”.



vistas a avaliar o nível de adaptação que ela possui com relação às metodologias existentes.

Inserido na indústria de mineração são vários os escopos que compõem um projeto, indo desde a mina, onde os minerais são lavrados, até a estocagem e manuseio do produto final após beneficiado e processado (FERREIRA, 2013; FUERSTENAU; HAN, 2003; METSO, 2015). Cada mineral (ouro, cobre, ferro, bauxita e outros) possui suas características de processamento e beneficiamento. Na FIGURA 1 é mostrado um fluxo simplificado de produção, que se aplica a diversos metais.

FIGURA 1 – FLUXO SIMPLIFICADO DOS PROCESSOS DA INDÚSTRIA DE MINERAÇÃO



FONTE: O autor (2019).

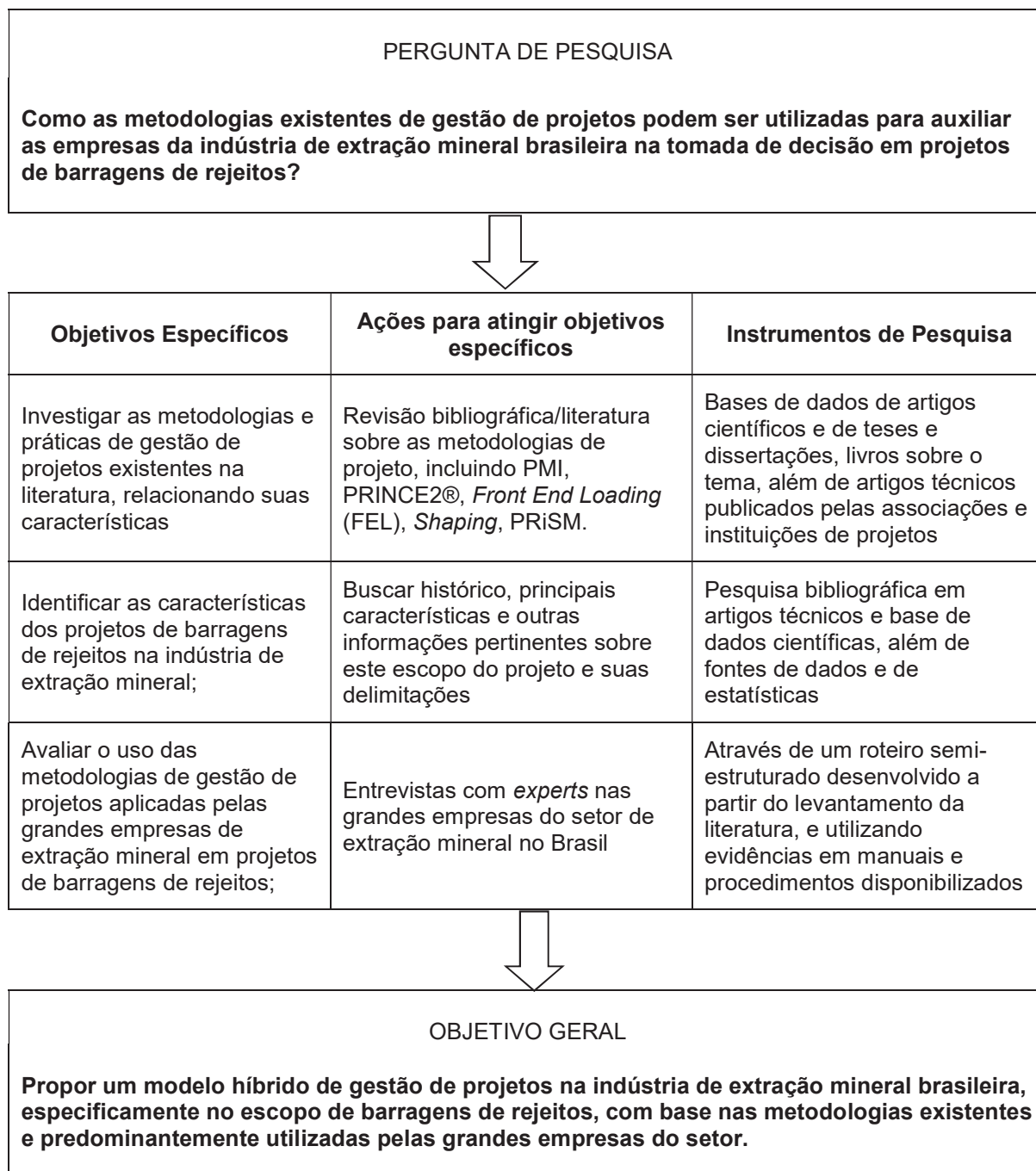
NOTA: Mais detalhes de cada processo estão descritos na revisão bibliográfica deste trabalho.

Finalmente, a delimitação deste estudo no Brasil é importante para possibilitar a verificação da metodologia utilizada e das adaptações realizadas, sem sofrer a influência de leis e regulamentações de outros países. Inclusive, sobre este aspecto, um novo marco regulatório de mineração foi aprovado no Brasil e está em vigor (IBRAM, 2013; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME), 2013; WARTH; ARAÚJO, 2017). Adicionalmente, quando se analisa a gestão de projetos e os efeitos no seu sucesso, há uma diferença significativa entre o Brasil e alguns países da América do Sul (DE CARVALHO; PATAH; DE SOUZA BIDO, 2015), sendo, portanto, indispensável a delimitação geográfica da análise.

## 1.4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Os detalhes da metodologia de pesquisa são apresentados no capítulo 3 e o QUADRO 1 apresenta um resumo contendo a pergunta da pesquisa, os objetivos específicos e geral, as ações realizadas para atingir estes objetivos e os instrumentos de pesquisa utilizados para se alcançar cada um deles.

QUADRO 1 – RESUMO DOS OBJETIVOS, AÇÕES E INSTRUMENTOS DE PESQUISA



FONTE: O autor (2019).

NOTA: Mais detalhes no capítulo 3: Metodologia de Pesquisa.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 6 capítulos, sendo o primeiro uma introdução ao estudo, contendo seus principais objetivos, justificativas e delimitações. No segundo capítulo é apresentado um referencial teórico sobre os temas a serem abordados na pesquisa, iniciando com a pesquisa sobre as metodologias de projetos, incluindo o *Front-End-Loading*, o PRINCE2® e o Guia PMBOK®, além do *Shaping* e do PRiSM para o entorno do projeto, seguindo com a indústria de extração mineral no Brasil e abordando especificamente o tema de barragens de rejeitos, e ao final do capítulo descreve-se a metodologia *Soft Systems Methodology* (SSM). No terceiro capítulo é apresentada a metodologia de trabalho, com a caracterização da pesquisa e sua estrutura. No quarto capítulo são apresentadas as integrações das metodologias levantadas, que servem de base para o modelo, além da análise das informações do mundo real com base nas entrevistas realizadas com *experts* das maiores empresas no Brasil. O modelo híbrido de gestão de projetos para barragens de rejeitos baseado nas informações relevantes coletadas na pesquisa bibliográfica e no levantamento de campo é detalhado no quinto capítulo. Finalmente no sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões e considerações finais deste trabalho, bem como recomendações para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

*A maioria das pessoas não planeja fracassar, fracassa por não planejar.*<sup>3</sup>

Neste capítulo, além de um histórico da gestão de projetos, são contextualizadas as metodologias de gerenciamento de projetos conhecidas e é realizada uma comparação das suas características. Este levantamento teórico serve de base para a construção de modelos conceituais a partir da integração de características de cada metodologia, além de servir para a criação do roteiro de entrevistas semi-estruturadas.

Adicionalmente é discutido com mais profundidade o setor de extração mineral, ou mineração, incluindo as suas características e o mercado brasileiro, além de apresentar as principais empresas brasileiras do setor. Finalmente são apresentados os projetos da indústria de extração mineral, com o foco no escopo de barragens de rejeitos.

Finalmente é apresentada a metodologia SSM, que complementará a execução do modelo com suas ferramentas abordando situações complexas na gestão de projetos que não podem ser facilmente modeladas da maneira *hard*, ou seja, com algoritmos estatísticos

### 2.1 CONTEXTO DA GESTÃO DE PROJETOS

Um projeto pode ser definido como sendo um “esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único” (PMI INC., 2017), mas também como “uma organização que é criada com o propósito de entregar um ou mais produtos de negócio de acordo com um caso de negócio (*business case*) aceito” (AXELOS, 2017, pg. 8). Em ambos os casos, o projeto é único e temporário, mas é utilizado para entregar um resultado ao negócio onde está inserido.

Mais especificamente, projetos industriais são aqueles que pretendem produzir algum bem para venda, como óleo e gás, minerais, químicos, alimentos, papel e celulose e outros. O foco nesse tipo de projetos é que como pretendem gerar lucro para as empresas, eles são usualmente independentes de fatores de decisão políticas, macro-econômicas e sociais, além de motivar uma disciplina maior no uso do dinheiro (MERROW, 2011).

---

<sup>3</sup>Tradução de John J. Beckley (1757-1807): “*People don’t plan to fail, they fail to plan*”.

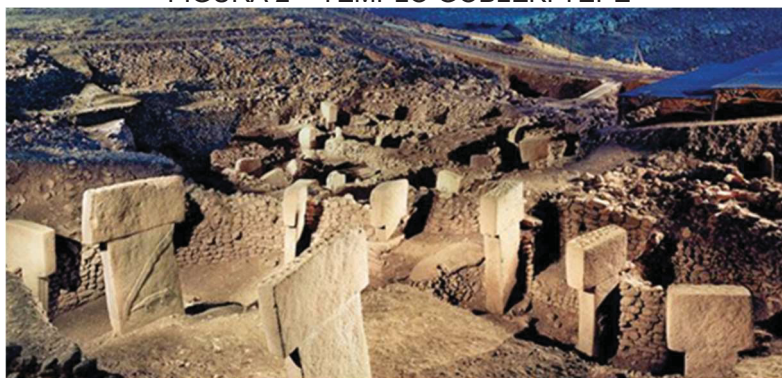
Finalmente, projetos complexos, ou muitas vezes denominados “mega-projetos”, ou projetos de grande porte, são aqueles que possuem dificuldades e riscos adicionais durante o seu planejamento e execução, como valor do projeto, número de *stakeholders*, inovação, tamanho da organização, ambiente em que está inserido, riscos existentes e outros (POLLACK et al., 2018).

A gestão de projetos está sendo estudada há décadas (PADALKAR; GOPINATH, 2016), e as pesquisas abordam desde assuntos técnicos e específicos do ciclo de vida de projetos, como as 10 áreas de conhecimento do Guia PMBOK® (PMI INC., 2017a), como também os processos de gestão, as metodologias, relação com governança entre outros. Um assunto que merece destaque é o das metodologias de gestão de projetos, principalmente no planejamento, isto porque são estas que traduzem a estratégia do negócio em projetos e programas e os levam ao seu sucesso (COOKE-DAVIES, 2002).

#### 2.1.1 Definição e histórico de projetos

Um dos primeiros grandes projetos que se tem notícia é do Gobekli Tepe (SMITH, 2016a), iniciado próximo ao ano 9.000 aC, na Turquia, e que possivelmente serviu como um templo religioso e espiritual. As investigações indicam que suas construções somente teriam sido encontradas em 1965 (CURRY, 2008).

FIGURA 2 – TEMPLO GOBLEKI TEPE



FONTE: CURRY (2008).

Outro projeto bastante antigo são as Pirâmides de Gizé no Egito, tendo sido construídas por volta do ano de 2500 antes de Cristo, e são as únicas, dentre as sete maravilhas do mundo antigo, que ainda estão praticamente intactas (GLANCEY, 2015). Elas ainda trazem surpresas de sua construção, onde em 2017 foi encontrado um novo compartimento em sua estrutura e estudos seguem para descobrir qual a sua utilização e qual o objetivo deste espaço (GRESHKO, 2017).



Para dar continuidade na história dos projetos, saltando alguns anos, são vários os projetos que aparecem na época do império romano, como o Parthenon de Atenas por volta de 400 antes de Cristo, e a Grande Muralha da China, por volta de 200 antes de Cristo. Na época medieval surgiram também várias catedrais na Europa e algumas cidadelas nas Américas, incluindo Machu Picchu, aproximadamente no ano de 1450 (KOZAK-HOLLAND, 2011).

Pode-se perguntar como era o planejamento de tais projetos, e como foram realizadas tais obras? Qual foi a metodologia utilizada, como foram feitas as aprovações, contratações, avaliação de opções, avaliação dos riscos e outros? Adicionalmente, como foi medido o sucesso destes projetos? Pode-se inferir que os objetivos dos projetos citados foram alcançados, considerando que foram utilizados por muitos e muitos anos. Mas será que cumpriram com o escopo, custo e tempo que haviam sido divulgados? E ainda: será que essas eram questões importantes na época?

Baseado nessas questões, Kozak-Holland (2011) comenta ainda sobre o projeto do Canal do Panamá, que tinha por objetivo unir os oceanos Atlântico e Pacífico. Ele se iniciou nos fins do século XIX pelos franceses, que enfrentou diversos problemas como atrasos, aumento de custos e, ainda mais grave, provocou a morte de vários trabalhadores acometidos por doenças contraídas durante a realização dos trabalhos de construção. Em 1903, os norte-americanos assumiram o projeto, e em 1914 o finalizaram (SMITH, 2016b). Apesar dos resultados da gestão do projeto, e considerando a sua utilidade nos dias de hoje pode-se afirmar que, apesar de tudo, foi um sucesso.

Resultados como estes, seriam catastróficos para as empresas e organizações que visam lucro, e que estão envolvidas com projetos de construção, sejam eles industriais, de infraestrutura, civis ou de engenharia, pois devem ser planejados e executados a partir de projetos eficientes, com um mínimo de perdas. Um fator ainda mais importante é o da sustentabilidade, incluindo fatores sociais, de meio-ambiente, de saúde, e todo o relacionamento com os *stakeholders*.

Diante desses desafios dos projetos e dos resultados alcançados, metodologias de projetos começaram a ser discutidas e implementadas. Um dos primeiros projetos a utilizar técnicas de gestão e a implementar uma metodologia de planejamento e de estudos de viabilidade foi o da represa Hoover (*Hoover Dam*), nos Estados Unidos (KWAK et al., 2014). O projeto iniciou com um acordo entre sete

estados americanos, e foi finalizado em 1936, dois anos antes do planejado e com o custo abaixo do orçado. O estudo detalhado apresentado por Kwak et al. (2014) mostra que o projeto utilizou de diversas estratégias, práticas e ferramentas comparáveis aos de projetos de sucesso de hoje, mas que na época eram inovadoras. Uma das mais relevantes foi a criação e controle rigoroso do cronograma da obra, utilizando um “*Gantt Chart*”, que apresenta de maneira simples e visual, através de barras, o sequenciamento das atividades do projeto (KERZNER, 2009; PMI INC., 2017a). Hoje em dia esse ainda permanece como uma das ferramentas mais utilizadas por gerentes de projetos (BESNER; HOBBS, 2008), no entanto a maneira como ela foi aplicada no passado deve ser revista hoje, considerando aspectos de incertezas, complexidades e mudanças (GERALDI; LECHTER, 2012).

A seguir, no início dos anos 40, uma nova metodologia foi implementada no Projeto Manhattan, responsável pela concepção da bomba atômica. Isto porque, durante a Segunda Guerra Mundial os Estados Unidos necessitavam construir uma bomba de alto poder de destruição antes dos alemães, mas ainda não se tinha o detalhamento do escopo necessário para seu desenvolvimento e construção (SMITH, 2016c). A inovação foi em criar uma metodologia, baseado na relação de conhecimentos existentes e conceitos necessários para seu desenvolvimento (LENFLE, 2012). Este trabalho em paralelo, e com as decisões sendo realizadas à medida que o projeto era desenvolvido ficou como a base da metodologia ágil, ou *Agile*, utilizada para projetos de tecnologia da informação (TI) e para pesquisa e desenvolvimento (HIGHSMITH et al., 2001).

Os projetos na área de defesa continuaram e com eles o Projeto Polaris, responsável pelo programa de mísseis submarinos (LENFLE, LE MASSON, WEIL, 2016). Nesta época foi também criado o método do caminho crítico (*Critical Path Method* - CPM), pela empresa Dupont (KOZAK-HOLLAND, 2011). Também é desenvolvida a técnica PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), que avalia os cronogramas de acordo com uma previsão otimista, realista e pessimista de durações de cada atividade (HARDIE, 2001). Ambas as técnicas necessitam do uso de computadores e processadores.

O termo ‘gestão de projetos’ (*project management*) é formalizado pelo general Bernard Schriever, da aeronáutica americana (US Air Force), em 1954 (MORRIS, 2013), e posteriormente o PMI define um projeto como sendo um “esforço

temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único” (PMI INC., 2017b).

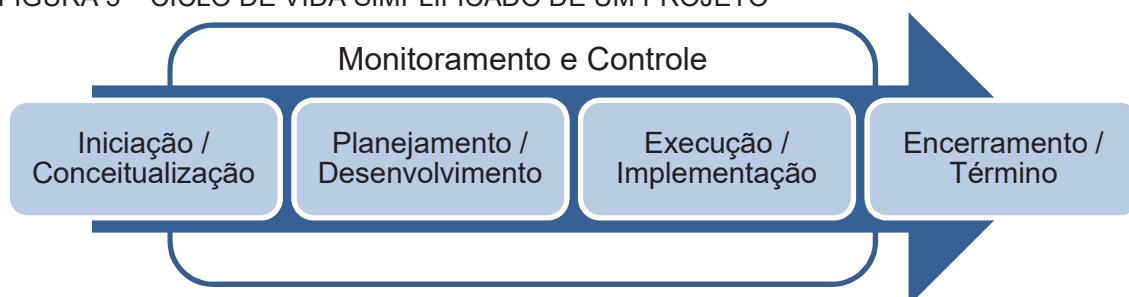
Nos anos seguintes algumas associações e institutos de projetos foram criados, assim como seus métodos e ferramentas. A primeira surgiu em 1956 como uma associação para engenheiros de custo, a AACE (*Association for Advancement of Cost Engineering*). Em 1965, é fundado na Europa o IPMA (*International Project Management Association*) com o intuito de difundir as práticas de projetos e, logo em seguida, em 1969, é fundado o PMI (*Project Management Institute*), nos Estados Unidos (PMI, 2018).

Outras metodologias de gestão de projetos também surgem, e podem ser aplicadas e adaptadas para cada tipo de projeto, sendo algumas delas a PRINCE2®, surgindo na Inglaterra (AXELOS, 2018), a metodologia Ágil (HIGHSMITH et al., 2001), a metodologia por portões de aprovação (COOPER, 1990), e o “front end” (WILLIAMS; SAMSET; SUNNEVÅG, 2009), incluindo o Front End Loading (IPA, 2018) e o Front End Planning (CII, 2018). O detalhamento e comparação será feito mais adiante neste capítulo.

### 2.1.2 Ciclo de vida de um projeto

Um projeto pode ser definido como sendo um empreendimento único, executado durante um tempo definido, gerando entregas ou resultados específicos, e tendo um ciclo de vida que varia desde sua fase de iniciação, ou conceitualização, e indo até o seu encerramento (DINSMORE; CABANIS-BREWIN, 2006; PMI INC., 2017a). A FIGURA 3 mostra uma simplificação do ciclo de vida de um projeto.

FIGURA 3 – CICLO DE VIDA SIMPLIFICADO DE UM PROJETO

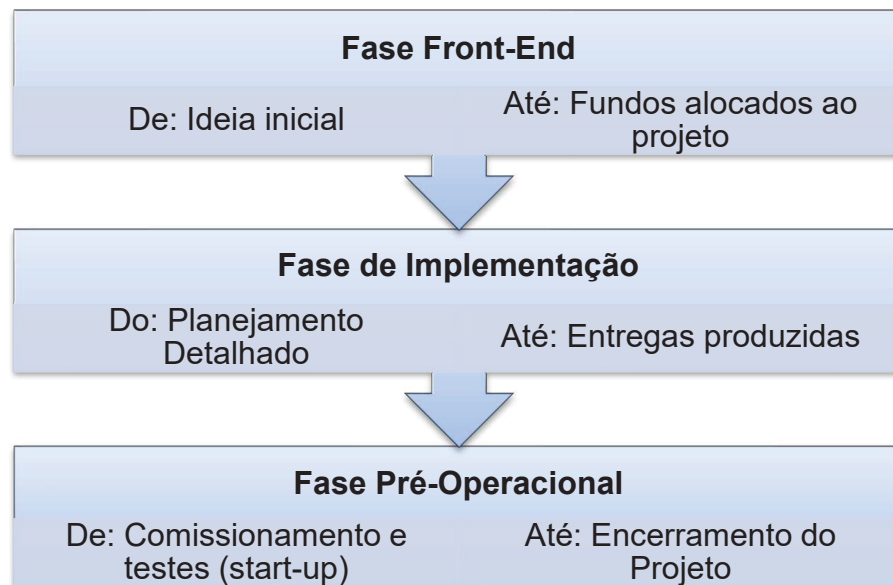


FONTE: Adaptado de PMI (2017) e DINSMORE; CABANIS-BREWIN (2006).

A FIGURA 3 mostra as quatro fases tradicionais de um ciclo de vida de projetos, que são da iniciação, planejamento, execução e o encerramento. Há também um outro processo que é o de monitoramento e controle, e este ocorre

durante todo o período do projeto. Existem também outras abordagens para o ciclo de vida do projeto (SAMSET, 2010; WILLIAMS; SAMSET; SUNNEVÅG, 2009), e a FIGURA 4 mostra essas três fases de maneira esquemática e simplificada.

FIGURA 4 – CICLO DE VIDA DE PROJETOS ABRANGENTE COM FASE FRONT END



FONTE: O autor (2019).

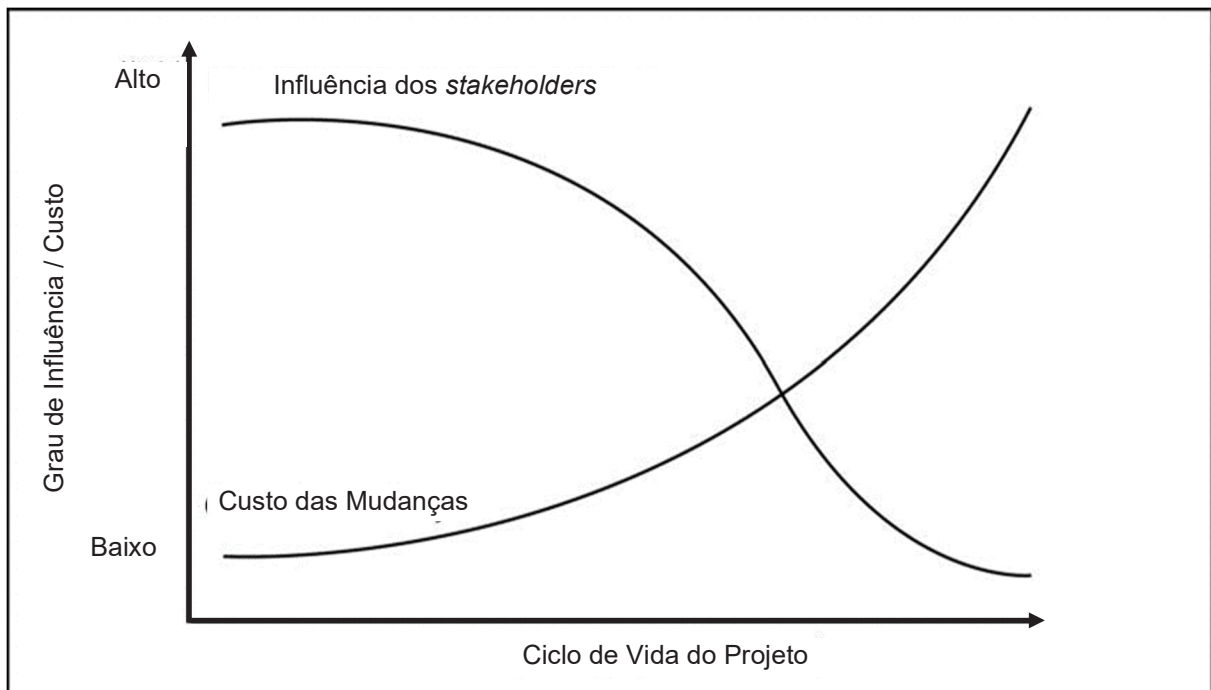
Neste modelo apresentado na FIGURA 4, a iniciação e planejamento são chamadas de “*front-end*”, que vai desde a ideia inicial até ter os fundos alocados ao projeto. A fase seguinte de implementação do projeto refere-se à execução, quando são produzidas as entregas do projeto. O ciclo finaliza em uma fase pré-operacional, onde são feitos os testes do projeto e faz-se o encerramento, com lições aprendidas e medição dos resultados após todos os aceites finais (BASTIANELLI et al., 2012).

### 2.1.3 A Curva de Influência no Ciclo de Vida dos Projetos

A medida que o projeto evolui no seu ciclo de vida, menor a capacidade de ele receber influência de decisões do time de projetos e de tomadores de decisão (GIBSON; WANG, 2001). Em outras palavras, a capacidade dos envolvidos no projeto em efetuar alterações diminui à medida em que há um progresso (PMI INC., 2017b). Por outro lado, o custo das mudanças tende a aumentar significativamente de valor.

A FIGURA 5 é uma ilustração que compara o nível de influência que um projeto pode sofrer, com o valor do custo de uma mudança, desde o início até seu encerramento.

FIGURA 5 – A CURVA DE INFLUÊNCIA NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS



FONTE: Adaptado de PMI (2017).

Pela curva de influência dentro do projeto, pode-se perceber que as decisões tomadas no início do projeto terão uma maior influência e custarão bem menos do que na fase da implementação. As partes interessadas, ou *stakeholders*, possuem um alto grau de influência no início do projeto, pois conseguem solicitar as mudanças com mais facilidade. No entanto, à medida que o projeto segue o seu ciclo de vida, a influência dos *stakeholders* vai diminuindo, pois além do avanço do projeto dificultar as mudanças, o custo destas alterações é exponencialmente mais caro que no início do projeto.

## 2.2 MÉTODOS, PADRÕES E PRÁTICAS NA GESTÃO DE PROJETOS

São diversas as metodologias, padrões e práticas existentes para o gerenciamento de projetos, e não há um modelo que seja o melhor para todas as ocasiões (*“one size fits all”*) (BONNIE, 2014). Na verdade, as metodologias de projeto estão cada vez mais se integrando com outros processos das empresas, como gestão da mudança, gestão de riscos, gestão da qualidade total e outras, e essas adaptações são necessárias de acordo com o tipo de negócio, tamanho da empresa, maturidade na execução de projetos e outras características (KERZNER, 2009)

Cada metodologia e práticas possuem suas vantagens e desvantagens, e talvez algumas não se apliquem aos projetos que o time está trabalhando (KATCHEROVSKI, 2012). O importante é que uma metodologia definida de maneira apropriada e seguida de modo disciplinado propicia que o projeto seja cumprido de acordo com suas especificações de produto, além de seguir o custo, prazo e qualidade do projeto (UNGUREANU; UNGUREANU, 2014).

A seguir serão apresentadas algumas das metodologias, padrões e práticas conhecidas no gerenciamento de projetos. Apesar deste trabalho apresentar os três conceitos em conjunto, há uma diferença entre eles (MERWE, 2015). Uma metodologia é um conjunto de métodos, processos e práticas que são utilizados para a entrega dos projetos. Os padrões são guias, ou coleções de melhores práticas. E finalmente as práticas são as atividades desenvolvidas pela equipe do projeto durante o seu planejamento e execução.

#### 2.2.1 PMI e o Guia PMBOK®

O Project Management Institute (PMI) é uma associação sem fins lucrativos, fundada em 1969 nos Estados Unidos, e hoje presente em vários países do mundo (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI), 2018). A sua publicação principal, o Guia PMBOK® (PMI INC., 2017a), é baseada em um vasto campo de conhecimento e de melhores práticas aplicadas em projetos. Esse guia não pode ser considerado em sua totalidade como uma metodologia de projetos (UNGUREANU; UNGUREANU, 2014), mas sim como um conjunto de padrões e práticas (MERWE, 2015; WRIKE, 2015).

De qualquer modo, o Guia PMBOK® é um dos mais usados e disseminados na gestão de projetos (SÁNCHEZ-ARIAS; SOLARTE-PAZOS, 2010), sendo utilizado como base para vários outros padrões, incluindo o padrão ISO 21500 (BRIOSO, 2015; PROJECT COMMITTEE ISO, 2012).

O Guia PMBOK® possui 10 áreas de conhecimento, sendo cada uma delas o gerenciamento de uma disciplina específica, incluindo escopo, tempo, custo, qualidade, recursos, comunicações, riscos, aquisições, partes interessadas e integração. Além disso, são apresentados 5 grupos de processo, sendo iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e finalmente o encerramento. Adicionalmente, existem 49 processos, que possuem suas entradas, ferramentas e saídas específicas, e estão interconectadas em todo o processo.



Estes processos estão inseridos na matriz entre as 10 áreas de conhecimento e os 5 grupos de processos do Guia. Os processos não são detalhados aqui neste trabalho, mas alguns de seus componentes são abordados como parte de uma análise do *Front-End* do Projeto.

TABELA 1 – QUANTIDADE DE PROCESSOS NO GUIA PMBOK® NA MATRIX ÁREA DE CONHECIMENTO X GRUPOS DE PROCESSOS

	Grupos de Processos / Ciclo de Vida de um Projeto					
Áreas de Conhecimento	Iniciação	Planejamento	Execução	Monitoramento e Controle	Encerramento	TOTAL
Integração	1	1	2	2	1	7
Escopo		4		2		6
Cronograma		5		1		6
Custos		3		1		4
Qualidade		1	1	1		3
Recursos		2	3	1		6
Comunicação		1	1	1		3
Riscos		5	1	1		7
Aquisições		1	1	1		3
Partes Interessadas	1	1	1	1		4
TOTAL	2	24	10	12	1	49

FONTE: O autor (2018), baseado no Guia PMBOK® (PMI, 2017a, pág 556)

Percebe-se que mais da metade dos processos são relacionados a iniciação e ao planejamento do projeto, ou seja, na fase do Front-End, mostrando a sua relevância ao tema de focar os esforços no início do projeto.

O PMI ainda possui outras publicações de áreas específicas, como exemplo de cronogramas e riscos, além de outras com uma abordagem mais abrangente dos projetos, incluindo de governança, programas e portfólio, e análise de negócio (*business analysis*). Adicionalmente, o PMI criou uma extensão ao Guia PMBOK® para tratar exclusivamente de projetos de construção (PMI INC., 2016), e neste são incluídas outras áreas de conhecimento, sendo a primeira adicional de saúde, segurança e meio ambiente, e a segunda relacionado ao financiamento de projetos.

A extensão de construção do Guia PMBOK® (2016) menciona o Front-End Loading como um processo de portões de aprovação, dividido em 3 etapas, e com entregas específicas em cada uma delas.

### 2.2.2 PRINCE2®

O PRINCE2® – Projects In a Controlled Environment, ou em português Projetos em Ambiente Controlado (AXELOS, 2018), é um método de gerenciamento de projetos bastante estruturado, no entanto é adaptável a qualquer tipo ou tamanho de projeto. A sua origem é britânica, mas ele já é utilizado globalmente (CRUZ, 2013).

O objetivo do PRINCE2® é desenvolver um método dentro de um ambiente controlado, baseado em requerimentos bem estruturados, para que as necessidades do negócio sejam traduzidas de maneira correta (UNGUREANU; UNGUREANU, 2014).

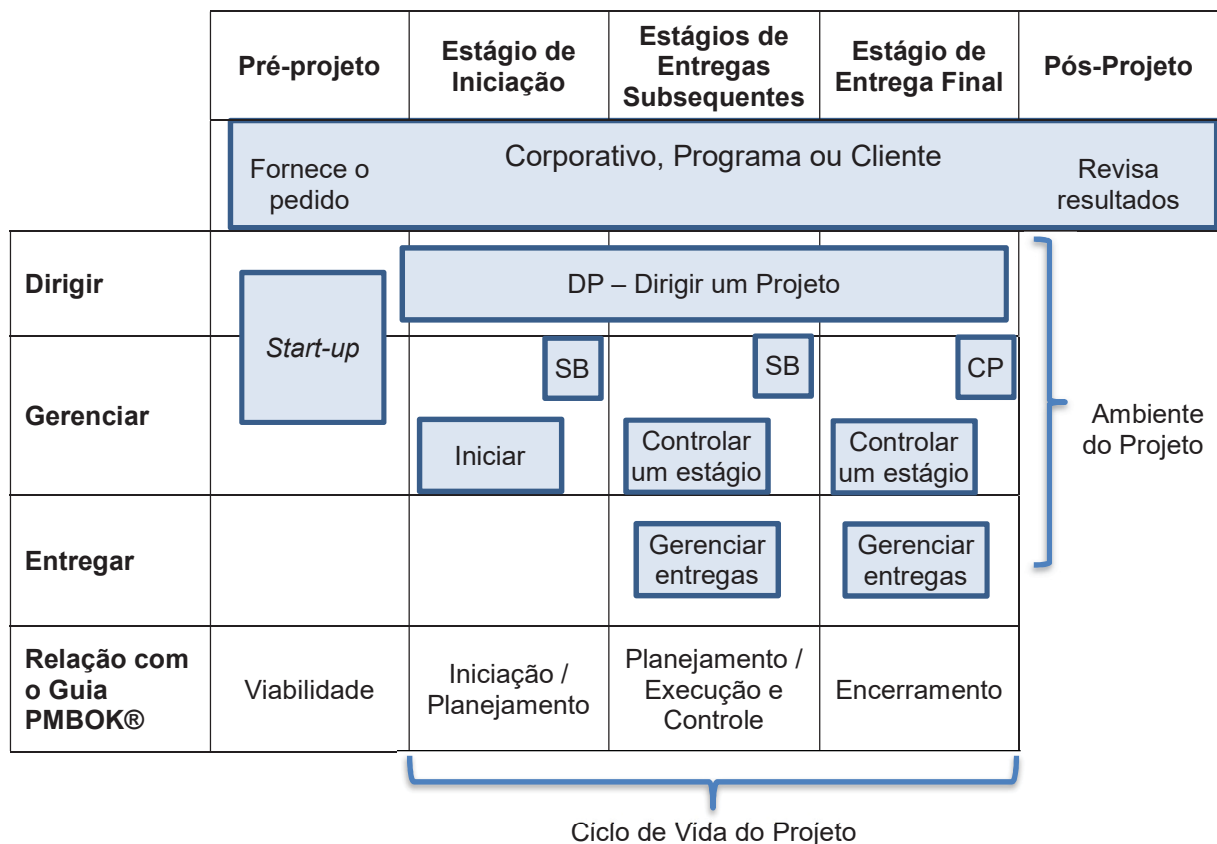
A base de cobertura do PRINCE2® abrange o gerenciamento do projeto, o seu controle e também a organização. É um método caracterizado por ter uma abordagem baseada no produto. As atividades de alto nível, como é o caso do negócio e as alocações de recursos, são de propriedade de um “*board*” estruturado. Por outro lado, o gerente de projetos é responsável pelas tarefas e atividades relacionados ao dia-a-dia, como cronogramas e controles de qualidade (WRIKE, 2015).

O método PRINCE2® aborda o gerenciamento de projetos com 4 elementos integrados, que são os princípios, os temas, os ambientes de projeto e os processos. Estes elementos são:

- Os princípios são sete orientações obrigatórias e boas práticas que determinam se o projeto está sendo gerenciado com o método PRINCE2®. Se alguma das orientações não for aplicada, o projeto não é considerado PRINCE2®. Os princípios são: justificação contínua do caso do negócio (*business case*), aprendizado com a experiência, definição de papéis e responsabilidades, gerenciamento por estágios, gerenciamento por exceção, foco em produtos e adequação ao ambiente do projeto.
- Os temas descrevem os aspectos do gerenciamento de projetos que devem ser tratados continuamente pelo PRINCE2®, e que explicam o tratamento específico necessário. São eles: *business case* (caso do negócio), organização do projeto, qualidade, planos, riscos, mudanças e progresso.

- Os ambientes de projeto tratam da necessidade de adequar o projeto ao contexto específico em que está inserido, o que mostra a flexibilidade da metodologia para ser adequada a qualquer situação.
- Os processos representam as etapas que devem ser realizadas ao longo do ciclo de vida do projeto, abrangendo verificações, recomendações e responsabilidades. Os processos são mostrados na FIGURA 6 e serão detalhados a seguir.

FIGURA 6 – OS PROCESSOS DA METODOLOGIA PRINCE2®



FONTE: Adaptado de AXELOS (2018) e CRUZ (2013).

NOTA: SB – *Manage a Stage Boundary* – Gerenciar o limite de um estágio

CP – *Closing a Project* – Encerrar um projeto

Os sete processos da metodologia PRINCE2® são:

- 1) *Start-up* – esta é uma fase que ocorre antes do projeto em si, avaliando a ideia ou necessidade para ver se é viável;
- 2) Iniciar o projeto – após a decisão de se executar o projeto, ele deve ser planejado, incluindo as definições de estratégia e a preparação de um caso de negócios;

- 3) Dirigir um projeto – o corporativo é responsável pela tomada de decisão ao longo da vida do projeto, incluindo as aprovações de estágios e o fechamento;
- 4) Gerenciar o limite de um estágio (SB) – em cada estágio são avaliadas as entregas e verificado se o projeto ainda cumpre com os objetivos propostos ao negócio, sendo este um dos princípios do PRINCE2®, sempre analisar a relação com o negócio;
- 5) Controlar um estágio – nesta fase são monitorados os controles e os planos de trabalho, para verificar desvios e potenciais ações a serem tomadas;
- 6) Gerenciar entregas – este é o processo para avaliar cada parte entregue dentro do pacote de trabalho;
- 7) Encerrar um projeto (CP) – essas atividades incluem a organização do projeto após ele é finalizado, como documentação, resultados do projeto, e toda a parte de relatórios.

### 2.2.3 A Fase de Front-End e o Front-End Loading (FEL)

O elemento de planejamento que leva ao sucesso de um projeto ou de um sistema de projetos é conhecido como análise de viabilidade, pré-projeto, planejamento conceitual, ou também planejamento *Front-End* (GEORGE; BELL; EDWARD BACK, 2008). O *Front-End* é então apresentado como um conjunto de atividades que são essenciais ao sucesso do projeto, baseadas em uma pesquisa e questionário do *Construction Industry Institute* (CII) (CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE (CII), 2018). Dentre as principais, estão incluídas a definição do escopo e o plano de execução do projeto.

A fase *Front-End* é conhecida pela indústria de mineração, óleo e gás, e outros ramos de uso intensivo de capital como *Front-End Loading* (FEL) (CHOMA, 2010; MERROW, 2011). Outras nomenclaturas incluem o *Front End Planning* (FEP), *Front-End Engineering Design* (FEED), *pre-project planning* (PPP), *front-end development* (FED) e *front-end decision making* (FEDM) (CII, 2018; GEORGE; BELL; EDWARD BACK, 2008; GIBSON JR. et al., 2006). Apesar da variação dos termos empregados, o conceito fundamental é similar e busca o mesmo propósito.

O Front-End Loading (FEL) é um processo pelo qual as empresas traduzem as suas estratégias e oportunidades de negócios em projetos de capital, com o

objetivo de ter o alinhamento das necessidades do negócio com um desenho eficiente do processo e da execução do plano do projeto (BARSHOP; HARRIES-REES, 2003). O FEL ainda pode ser definido como um processo estruturado que cobre todas as atividades, tarefas e entregas para maximizar o potencial de sucesso do projeto (STEFFEN; COUCHMAN; GILLESPIE, 2008).

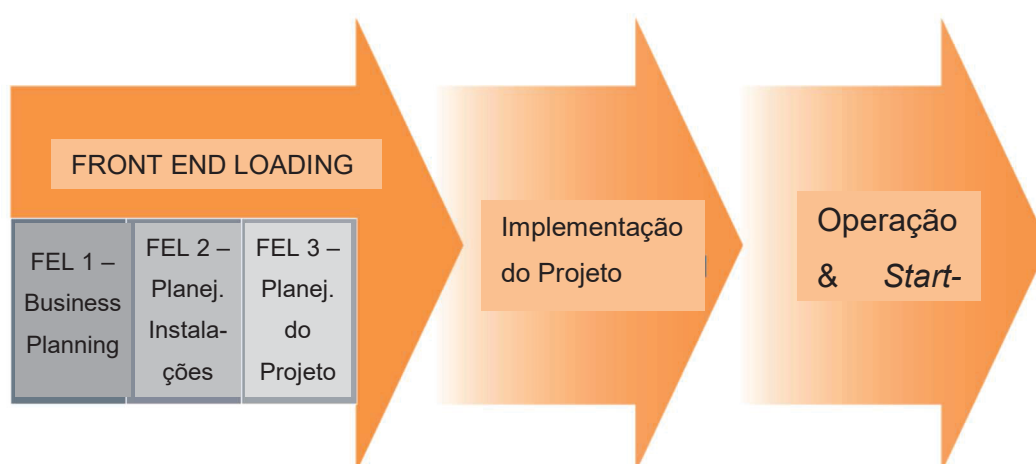
O FEL acontece antes da autorização do projeto, e é usualmente dividido em três etapas, ou estágios, com pontos de decisão entre cada um deles, onde são reavaliados vários aspectos do projeto, como escopo, custo e tempo, além de uma análise de viabilidade e alinhamento com o caso de negócio (MERROW, 2011). A pesquisa realizada por Merrow (2011) ainda revela que o FEL é um componente crítico que determina o sucesso de um projeto.

As três etapas podem ser resumidamente descritas como:

- FEL 1: definir a oportunidade;
- FEL 2: desenvolver o escopo;
- FEL 3: definir o projeto.

As etapas também podem ser denominadas de *business planning*, planejamento das instalações, e planejamento do projeto (BASTIANELLI et al., 2012), conforme mostrado na FIGURA 7. Importante notar que o *Front End Loading* termina antes da fase de implementação do projeto iniciar.

FIGURA 7 – FASES DO FRONT END LOADING E DO PROJETO



FONTE: Adaptado de BASTIANELLI et al. (2012).

Cada uma das três fases do FEL (FEL 1, FEL 2, FEL 3) possuem características e funções específicas (FLESCH, 2015). Como no FEL 1 os gastos realizados são baixos, a oportunidade pode ser mais facilmente cancelada ou

postergada sem impacto nos custos. O FEL 2 é o momento para finalizar o escopo e ter apenas uma alternativa selecionada, enquanto no FEL 3 um maior detalhamento do projeto, incluindo o orçamento, o cronograma e os planos de execução.

Para a Indústria de mineração, estas fases são conhecidas como estudo conceitual, pré-viabilidade, e viabilidade (MERROW, 2011; STEFFEN; COUCHMAN; GILLESPIE, 2008).

Pesquisas feitas pela IPA (*Independent Project Analysis*) revelam que o FEL é um componente crítico que determina o sucesso de um projeto (MERROW, 2011). De acordo com Merrow (2011) projetos que estão bem definidos custam menos, levam menos tempo para serem completados e alcançam melhores resultados. De acordo com IPA (2011), o conceito de FEL pode ser observado como um caminho através do qual a empresa traduz sua tecnologia e oportunidades em um projeto de capital.

Similarmente ao FEL, o CII (2018) percebe o *Front-End* como uma fase pela qual uma empresa pode desenvolver informações estratégicas para tomar decisões sobre como alocar os recursos. Com isso as chances de sucesso são maximizadas. Estudos desenvolvidos pelo CII indicam que um bom *Front-End Planning* (FEP) resulta em um melhor nível de desempenho (SAFA et al., 2013).

Safa e al. (2013) ainda menciona sobre ferramentas que foram preparadas para fazer essa medição de maturidade no planejamento para poder comparar com os resultados. Há 33 atividades críticas no *Front-End Planning* (GEORGE; BELL; EDWARD BACK, 2008), e essas servem como um checklist no momento do planejamento. Esta relação de ferramentas e práticas contém várias atividades que devem ser perseguidas em cada fase (GIBSON JR.; GEBKEN II, 2003).

Apesar de existirem vários tipos de medições do nível do FEP para diferentes tipos de projetos, como infraestrutura (GIBSON JR.; BINGHAM; STOGNER, 2010) e projetos industriais (COLLINS; PARRISH; EDWARD GIBSON, 2016), os resultados são similares no que tange a criticidade da aplicação dos conceitos do *Front-End Loading*.

#### 2.2.4 Considerações sobre metodologias ágeis

Uma metodologia ágil para o gerenciamento de projetos tem o seu foco em adaptação a situação presente, e são ideais para quando clientes e tomadores de decisão solicitam mudanças frequentes, tanto nos requerimentos do produto como



na designação de pessoal (KATCHEROVSKI, 2012). O método foi formalizado através de um manifesto, escrito por 17 pessoas em 2001 (HIGHSMITH et al., 2001), detalhando o valor e a colaboração necessários. Os quatro principais valores são:

- indivíduos e interações em contraste com processos e ferramentas;
- avanço do projeto em contraste com a documentação detalhada;
- colaboração do usuário em contraste com a negociação do contrato;
- resposta à mudança em contraste com seguir um plano fixo.

A metodologia ágil é usualmente aplicada em projetos de software, pesquisa e desenvolvimento, ou outros projetos não determinísticos, ou seja, onde os requerimentos dos projetos, e principalmente do escopo, não estão claros no início. Algumas formatações (*frameworks*) de utilização da metodologia ágil incluem o Scrum, Kanban, *Extreme Programming*, *Adaptative Project Framework*, entre outras. Todas possuem os valores principais, e são altamente adaptáveis as mudanças no projeto (BONNIE, 2014).

No entanto, a aplicação de métodos ágeis para grandes projetos ainda traz dificuldades, e a sua aplicação ainda não foi comprovada (HALL, 2012). Algumas aplicações de sucesso dentro da área da tecnologia da informação, e para projetos com equipes pequenas, já foram realizadas, mas ainda não há um corpo de estudo grande para projetos maiores, incluindo os de construção e/ou de mineração. Essa integração entre a metodologia ágil e um sistema de portões mais estruturados pode trazer muitos benefícios, como agilidade, eficiência e integração de equipe. (COOPER, 2017).

#### 2.2.5 Comparação entre as metodologias de gestão de projetos

Com base na revisão de literatura, foi realizada uma análise com as características de três das principais metodologias e práticas de projetos, sendo o Guia PMBOK®, o PRINCE2® e o *Front End Loading* (FEL). Cada metodologia possui características únicas, mas também existem elementos em comum entre elas. O QUADRO 2 mostra uma comparação entre estas metodologias, para cada fase do ciclo de vida de projetos, baseado em suas características principais levantadas na revisão bibliográfica.

QUADRO 2 – COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS DE PROJETO GUIA PMBOK®, PRINCE2® FEL

Fases do Ciclo de Vida do Projeto	Guia PMBOK® (PMI INC., 2017)	PRINCE2® (AXELOS, 2017)	FEL (MERROW, 2011)
Iniciação / Conceitualização	Inclui ferramentas para formalizar o termo de abertura do projeto a partir do <i>business case</i>	Na fase de <i>Start up</i> são definidas estratégias e é verificada a viabilidade do projeto a partir do <i>business case</i> .	Na fase de FEL 1 verifica-se a oportunidade do negócio e é avaliado se o <i>business case</i> está bem preparado
Planejamento / Desenvolvimento	Inclui 24 processos de planejamento, com ferramentas para cada uma das 10 áreas de conhecimento	É apresentado o tema de Planos, qualidade e riscos, desenvolvidos nos estágios iniciais do projeto e nos limites dos estágios	Abrange as fases do FEL 2 (desenvolvimento do escopo) e FEL 3 (definição do projeto)
Execução / Implementação	São 10 processos de execução, com o foco nos gastos do projeto, que são significativos nessa fase	Está inserido como um dos estágios do ciclo de vida, e é dirigido pela equipe do projeto nas entregas	É incluído o planejamento do controle dos riscos durante a execução, e os planos preparados na fase de FEL
Monitoramento e Controle	São 12 processos, com pelo menos um para cada uma das 10 áreas de conhecimento, com ferramentas para gestão de mudanças e medição de desempenho e monitoramento	No processo de Controlar o Estágio verificam-se desvios e planejam-se as ações. O conselho é responsável pela tomada de decisão ao longo da vida do projeto, incluindo as aprovações	Similar a fase de execução, não são explícitas as entregas durante a fase, e o foco é no planejamento do controle durante a fase de FEL
Encerramento / Término	Há um processo específico na área de integração para o correto encerramento do projeto, com lições aprendidas e atualização de documentos	Estágio específico para encerrar o projeto, com a análise das entregas finais como documentação, resultados e benefícios alcançados e relatórios	Não há uma fase específica para o encerramento do projeto, mas o plano de entrega para as operações deve ser planejado no FEL

FONTE: Adaptado de FLESCHE; SELEME; SOUZA (2018)

Uma das características em comum das três metodologias apresentadas no QUADRO 2 é a relação do projeto com o negócio, mais especificamente com o *business case*. Ele se apresenta em todas as metodologias desde o início do ciclo do projeto. Outro elemento fortemente apresentado é a importância do planejamento no ciclo de vida, pois integra uma grande parte do esforço utilizado em um ciclo de vida de projeto. Outra característica em comum é a existência de portões de verificação e de aprovação entre as diversas fases ou estágios de um projeto, e a necessidade de entregas específicas para cada etapa.

Algumas diferenças também podem ser verificadas no QUADRO 2. Percebe-se que o Guia PMBOK® é uma coletânea de padrões e práticas utilizadas no gerenciamento de projetos, e mostra com detalhes ferramentas para cada uma das 10 áreas de conhecimentos. Em outras palavras, o guia mostra como executar cada um dos processos existentes nas fases do ciclo de vida. Por outro lado, as metodologias PRINCE2® e FEL mostram um caminho a seguir, ou seja, descrevem o que deve ser feito em cada fase. Essas metodologias descrevem os processos que são seguidos, e quais as principais entregas, mas não detalham como devem ser executadas cada uma das ações.

## 2.3 ELEMENTOS EXTERNOS AO CICLO DE VIDA DE PROJETOS

O sucesso em projetos e seus fatores críticos tem sido objetos de estudo e discussão em várias pesquisas (ALBERT; BALVE; SPANG, 2017; IKA, 2009). Esses estudos se concentraram em sua maioria na medição do sucesso baseado apenas na tripla restrição de escopo, custo e tempo do projeto (PMI INC., 2017a).

No entanto os projetos estão inseridos em vários níveis de complexidade (MAYLOR; TURNER, 2017). De acordo com Maylor e Turner (2017) são 3 níveis de complexidade, sendo elas a estrutural, a sócio-política e as emergentes. A complexidade estrutural tem relação com o valor do projeto, o número de interfaces entre envolvidos e variedades no escopo, ou seja, relaciona-se diretamente com o projeto. A complexidade sócio-política refere-se à divergência de opinião entre as pessoas envolvidas e as prioridades conflitantes dos *stakeholders*. Finalmente as complexidades emergentes relacionam-se com os objetivos do negócio e com o dinamismo do ambiente do projeto, também mencionado por Geraldi, Maylor, & Williams (2011).

Com isso, nem sempre o sucesso dos projetos complexos, ou megaprojetos, são apenas visto como uma função dos objetivos de tempo e custo, mas devem abranger o valor estratégico da empresa (TURNER, 2018). Além da abordagem técnica e estratégica, existe a necessidade de um entendimento institucional do contexto dos projetos e do ambiente em que estão inseridos.

Novas perspectivas estão mostrando que o ciclo de vida de um projeto é mais abrangente do que apenas a implementação do projeto em si, e que usualmente as metodologias de gestão apresentadas não abordam explicitamente

essa expansão (MERROW, 2011; STEFFEN; COUCHMAN; GILLESPIE, 2008). Steffen, Couchman e Gillespie (2008) ainda reforçam a necessidade de se ter uma fase anterior ao planejamento. Esta fase conhecida como pré-conceitual alinha as necessidades estratégicas, envolvendo cenários, planejamento de recursos e preparação da equipe. A FIGURA 8 mostra as etapas do FEL, além das etapas do ciclo de vida estendido do projeto.

FIGURA 8 - MODELO *FRONT END LOADING* EM TRÊS FASES E MODELO ESTENDIDO

Fases do <i>Front End Loading</i>					
Pré-conceitual	Conceitual	Pré-viabilidade	Viabilidade	Implementação	Operação e pós projeto
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Planeja Recursos</li> <li>– Define papéis</li> <li>– Define Sucesso</li> <li>– Define modelos e escopo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Identifica oportunidades e cenários</li> <li>– Classifica Riscos</li> <li>– Alinha Objetivos</li> <li>– Identifica ganhos rápidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Quantifica economias</li> <li>– Define opções e portfólio</li> <li>– Prioriza por valor, risco e esforço requerido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Engenharia básica</li> <li>– Plano de operações</li> <li>– Plano de Riscos</li> <li>– Contratação</li> <li>– Aprovação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Desenho detalhado</li> <li>– Plano e logística</li> <li>– Gestão de riscos</li> <li>– Execução</li> <li>– Supervisão</li> <li>– Medição</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Comparar planejado e real</li> <li>– Medição</li> <li>– Monitorar indicadores de resultados</li> <li>– Correção de planos</li> </ul>
Identificar e Avaliar opções			Desenhar e Materializar opções		

Fonte: Adaptado de STEFFEN; COUCHMAN; GILLESPIE (2008).

A FIGURA 8 mostra, além das três fases do FEL, outras três fases que expandem o modelo. Na fase pré-conceitual são planejados os recursos e definidos os papéis de cada um, além de definir os critérios de sucesso de um projeto e os modelos a serem seguidos.

Na fase de implementação, após o FEL estar completo, é detalhado o desenho, ou engenharia, e é realizada a execução propriamente dita. Nesta fase acontece a gestão e supervisão de escopo, custo, tempo e riscos, além de toda a parte de medição do projeto.

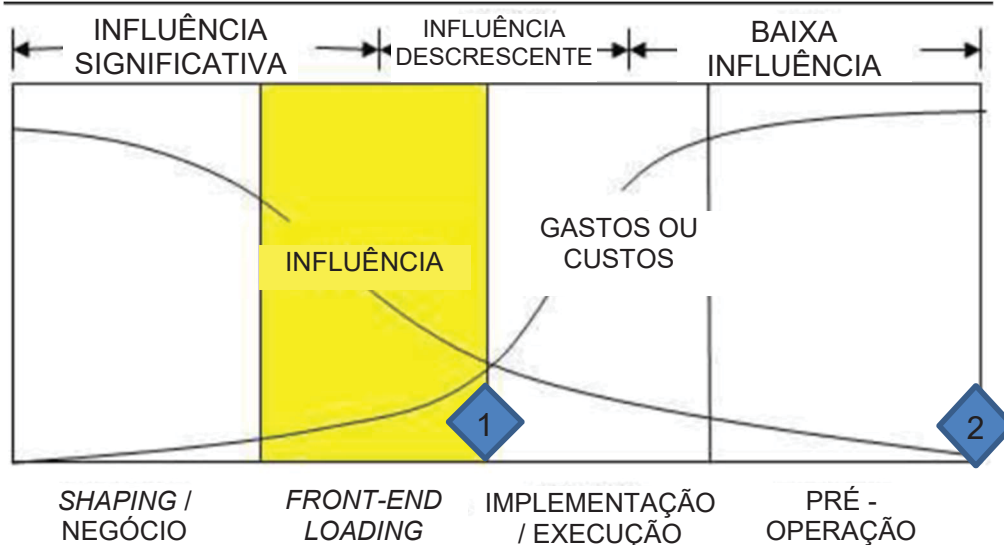
Finalmente na fase de operação e pós-projeto são medidos os resultados e benefícios conseguidos com o projeto, comparando o planejado com os resultados reais. Adicionalmente são monitorados os indicadores e realizadas as devidas correções e atualizações dos planos entregues.

A FIGURA 8 ainda separa as três primeiras fases do ciclo de vida estendido como sendo para identificar e avaliar as opções do projeto, ou alternativas. Nestas

fases é criado valor ao projeto. Nas três fases seguintes o objetivo é de se materializar os resultados esperados das opções escolhidas ao início.

Pawar et al. (2017) analisaram a influência dentro do ciclo de vida estendido dos projetos, conforme discutido anteriormente, incluindo a fase de *Front-End* e fase pré-operacional. Percebe-se a correlação com as fases apresentadas, conforme FIGURA 9.

FIGURA 9 – CURVA DE INFLUÊNCIA NO CICLO DE VIDA ESTENDIDO DE PROJETOS



FONTE: Adaptado de PAWAR et al. (2017) e RENDER (2016)

NOTA: 1 – Portão de Autorização do projeto. Passagem para Execução

2 – Passagem para operações

Pode-se perceber a semelhança entre as FIGURA 5 e FIGURA 9, onde no início a influência é alta e os gastos, ou custos, são baixos, e quanto mais o projeto avança mais os custos também se elevam e o poder de influência diminui. Outros trabalhos apresentam observações similares, onde no início do projeto muitas opções ainda estão em aberto (ENGWALL, 2003), e como os gastos foram baixos, mudanças podem ser feitas rapidamente (MCINTOSH, 2017). Os autores ainda mencionam que nas fases intermediárias, principalmente após a metade do *Front-End Loading*, os gastos começam a subir radicalmente, e várias decisões já foram tomadas com respeito ao projeto, o que dificulta a implementação de mudanças. Há ainda uma interdependência forte no projeto, ocasionando que pequenas mudanças afetam o projeto como um todo.

As fases iniciais focam então na flexibilidade, e é usada para estabelecer uma visão clara de como o projeto deve seguir. Esta visão incorpora os interesses do envolvidos nos projetos através da definição de uma estratégia estruturada e

efetiva. De acordo ainda com McIntosh (2017), o papel da fase de *Front-End* é de eliminar mudanças.

Esse é um dos princípios básicos das fases iniciais de um projeto, ou seja, atuar de uma maneira antecipada ao início para que a influência nos resultados seja bem maior (CLERECUZIO; LAMMERS, 2003). Neste contexto, verifica-se que quanto mais exaustivamente um projeto é definido nas fases iniciais, menores são as suas chances de falhar (LAWRENCE; SCANLAN, 2007; RENDER, 2016).

Pode-se perceber então que a estruturação do projeto, como o levantamento das necessidades do negócio e o entendimento do entorno, deve ser iniciado com antecedência, ou seja, o mais cedo possível em seu ciclo de vida, para que os custos sejam menores e o nível de influência maior.

Estas perspectivas incluem a necessidade de uma análise do contexto e dos objetivos do negócio (MERROW, 2011; MORRIS, 2013; MORRIS; GERALDI, 2011). Pesquisas ainda mostram a necessidade de uma conceitualização mais ampla dos projetos, incluindo a necessidade de governança nos projetos, um maior foco na criação de valor e no entendimento de sua complexidade e incertezas, além de serem vistos como processos sociais, abrangendo diversas áreas externas ao projeto (SVEJVIG; ANDERSEN, 2015; WALKER; LLOYD-WALKER, 2016).

Outro ponto que é externo ao ciclo de vida do projeto, mas que está relacionado diretamente ao resultado é o modelamento (*shaping*) do projeto, que é uma preparação do ambiente do projeto, e acontece antecipadamente. Este assunto é relativamente recente, iniciando com o resultado de uma pesquisa em 60 projetos de grande porte, realizados pela International Program in the Management of Engineering and Construction (IMEC) (MILLER; LESSARD, 2001). O estudo mostrou que pelo menos 40% dos projetos desse porte não entregavam o resultado esperado, e em muitos casos eram abandonados ou reestruturados após crises, e o principal motivo era a falta de alinhamento com o negócio, ou a falta de se preparar um bom *shaping* do projeto.

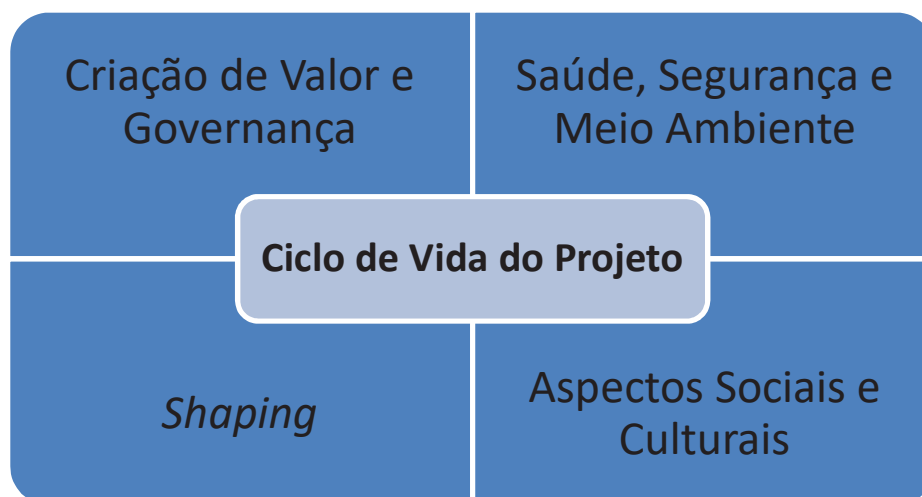
Adicionalmente, a sustentabilidade, conforme definido no item 2.3.2, é discutida como elemento essencial no gerenciamento de projetos (CARBONI et al., 2018; GPM GLOBAL, 2012). Aspectos sociais (FLORICEL et al., 2014; JIA et al., 2011), de saúde e segurança (EDWARDS et al., 2013; NOLAN; ANDERSON, 2015) e de meio ambiente (ABRAMYAN, 2016; BOSSINK, 2012; GILBERT SILVIUS et al., 2017) são de extrema relevância para projetos de construção, e novas metodologias



(GPM GLOBAL, 2018), além de práticas e ferramentas (PMI INC., 2016), estão sendo discutidas e desenvolvidas para abordar estes aspectos.

A FIGURA 10 mostra os fatores externos que afetam o ciclo de vida dos projetos. Esses fatores, juntamente com as fases do ciclo de vida dos projetos, e suas relações com os resultados, serão apresentados na sequência.

FIGURA 10 – FATORES EXTERNOS QUE AFETAM O CICLO DE VIDA DO PROJETO



FONTE: O autor (2019)

### 2.3.1 Fase de Shaping

Um maior detalhamento do *shaping* é apresentado por Williams; Samset e Sunnevag (2009); incluindo quatro fases, ou episódios, que servem como análise para a continuidade ou não da oportunidade. As fases são:

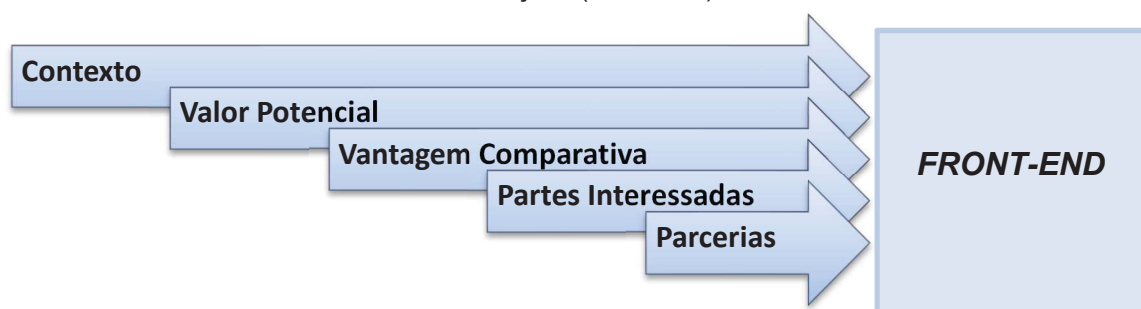
- iniciação e exploração para analisar a viabilidade financeira e de mercado para o projeto;
- proposta holística com um caso de negócio robusto e cenários a serem avaliados;
- negociações e resoluções de conflitos, tanto em aspectos sociais, como de meio-ambiente;
- fechamento de acordos com todos os envolvidos.

Com base nessas informações, outros estudos e artigos foram realizados (CROSBY, 2017; KEEYS; HUEMANN, 2017; MILLER; LESSARD, 2008), incluindo estudos de casos em algumas aplicações (SMITH; WINTER, 2010). Eles também apresentam a necessidade de se preparar o contexto de onde está localizado o projeto e também entender o negócio em que o projeto está inserido.

Considerando a aplicação em grandes projetos de capital em indústria de processo, o mais recente e robusto estudo sobre o tema é apresentado por Merrow (2011). Nesta pesquisa são incluídos 300 projetos complexos e de grande porte, e são avaliados os seus resultados, tanto na eficiência de sua execução, como também para o negócio. No caso do *shaping*, são 5 elementos a serem realizados em preparação ao projeto, sendo eles:

- Entender o contexto do local, incluindo o local, história de projetos no local, a estabilidade política e institucional, o ambiente regulatório, os requerimentos de conteúdo local, considerações sociais e culturais, disponibilidade de mão de obra, entre outros.
- Fazer o levantamento do valor potencial para o negócio, analisando o custo benefício do projeto, e quais os riscos de que esse valor seja menor que o esperado
- Entender a vantagem comparativa com base nos objetivos do negócio, e quais características são importantes ao projeto, e que são fundamentalmente melhores do que outras alternativas
- Identificar todos os envolvidos no projeto (*stakeholders*) e quais as necessidades de cada um deles
- Avaliar parceiros de negócio, e preparar estas parcerias tanto em termos de execução do projeto, mas também de financiamento do empreendimento.

FIGURA 11 – PROCESSOS DA FORMATAÇÃO (*SHAPING*) PARA PROJETOS



FONTE: Adaptado de MERROW (2011)

### 2.3.2 PRiSM e a Sustentabilidade

O desenvolvimento sustentável deve garantir que as necessidades do presente não irão comprometer as necessidades de futuras gerações (BRUNDTLAND, 1987). Brundtland (1987) menciona ainda que a sustentabilidade

impõe limitações no que tange a habilidade da biosfera em absorver as atividades humanas, mas as tecnologias e organizações sociais podem ser melhoradas para um período de crescimento econômico. Resumidamente, é possível ser economicamente viável e ao mesmo tempo socialmente justo e ambientalmente responsável. A sustentabilidade é discutida como elemento essencial na gestão de projetos (CARBONI et al., 2018),

A integração dos conceitos de sustentabilidade e das práticas e padrões do gerenciamento de projetos é um campo em crescimento e está se tornando cada vez mais relevante (SILVIUS, 2017). Adicionalmente, percebe-se a necessidade de se criar uma integração entre a decisão pela gestão de projetos e a legislação vigente com respeito aos resultados dos projetos (HALL, 2012)

Uma metodologia que engloba explicitamente o tema da sustentabilidade é a PRiSM (GPM GLOBAL, 2012), que significa Métodos Sustentáveis de Integração de Projetos (por suas siglas em inglês *Projects Integrating Sustainable Methods*). É uma metodologia que é direcionada a gerenciar mudanças, enquanto ainda incorporando sustentabilidade nos seus processos. O principal objetivo é completar os projetos enquanto ainda reduzir os impactos ambientais e sociais da empresa (CARBONI et al., 2018; GPM GLOBAL, 2018).

Esta é uma metodologia que leva em conta fatores de sustentabilidade, enquanto ainda sendo um processo de projetos que pode ser aplicado em projetos de larga escala, principalmente para desenvolvimento da construção civil e infraestrutura, que podem trazer efeitos adversos ao meio-ambiente em que serão executados (KATCHEROVSKI, 2012). Outras metodologias e padrões também abordam o tema da sustentabilidade, mas o abordam de maneira parcial (VERBA; IVANOV, 2015)

Uma das vantagens de ser “verde” e alinhar a estratégia corporativa com a responsabilidade social é o potencial aumento da reputação da empresa, adicionalmente a potencial redução de energia, gestão de resíduos e custos de distribuição (BONNIE, 2014). Bonnie (2014) ainda menciona que a desvantagem desta metodologia, é que para ele funcionar adequadamente, todos os níveis da empresa devem estar engajados na causa.

As principais diferenças entre um desenvolvimento sustentável e a gestão de projeto tradicional estão descritas resumidamente no QUADRO 3.

QUADRO 3 – CONTRADIÇÕES ENTRE O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Aspecto	Desenvolvimento Sustentável	Gerenciamento de Projeto
Período	Orientação a Longo prazo	Orientação a Curto prazo
Partes interessadas	Gerações presentes e futuras - diálogo constante com uma gama de envolvidos na tomada de decisão	Clientes e outros envolvidos como patrocinador, usuários, parceiros de negócio, fornecedores, grupos internos da empresa, etc
Orientação das tarefas	Foco no ciclo de vida do produto	Foco nos resultados
Prioridades básicas	Três pilares do desenvolvimento sustentável: Pessoas, Planeta, Lucro	Balanceamento da restrição tripla de projetos: Escopo (Qualidade), Tempo e Custo
Consequências para os participantes	Aumenta a complexidade e traz benefícios no longo prazo	Reduz complexidade e traz benefícios ao final do projeto
Atuação geográfica da gestão	Mira nos efeitos locais, regionais, nacionais e globais	Foca nos efeitos no entorno da área do projeto

FONTE: Adaptado de VERBA e IVANOV (2015)

O QUADRO 3 mostra que a visão sustentável em um projeto consegue ter uma abrangência maior dos efeitos e impactos do projeto com o foco no longo prazo. O pensamento está voltado para os benefícios de toda a empresa e do seu entorno, e não somente de fatores exclusivos do projeto.

## 2.4 EXTRAÇÃO MINERAL E AS BARRAGENS DE REJEITOS

### 2.4.1 Breve histórico da extração mineral no Brasil

A importância da extração mineral no Brasil não é algo recente, e se confunde com a sua história em toda a América do Sul, que iniciou sendo praticada por populações pré-colombianas (RODRIGUES; STRUMINSKI; LIMA, 2016). Sabe-se que a história da extração mineral brasileira tem relação com o seu descobrimento, já que na época já aqui se iniciaram as explorações de ouro e prata pelos portugueses (MACHADO; SILVIA, 2001). Ainda de acordo com Machado e Silvia (2011), foram vários eventos importantes ao longo dos 500 anos de nossa história, mostrando o crescimento e o desenvolvimento do setor, como a descoberta de ouro no século XVIII em Minas Gerais, e a descoberta da enorme reserva de minério de ferro em Carajás em 1967.

Em termos de regulamentação da atividade de mineração no Brasil também há datas importantes a serem mencionadas. Em 10 de janeiro de 1907 foi criado o

Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil que, apesar de ter sido um ato do presidente Affonso Pena, já haviam muitos interessados na atividade mineira no Brasil (RAMOS, 2000). Além disso, com respeito a direitos de propriedade e de exploração, algumas das nossas Constituições foram afetadas (IBRAM, 2014). Na Constituição de 1934, passou-se a distinguir ‘propriedade do solo’ de ‘recursos minerais’, ou seja, a exploração e o aproveitamento desses recursos eram de responsabilidade do Estado Brasileiro, e não mais do proprietário do imóvel. Neste mesmo ano, foi criado o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). A exploração de recursos minerais por empresas estrangeiras, mesmo através do controle de empresas brasileiras, foi tema de alterações das Constituições de 1937, 1946 e finalmente da de 1988, na qual se atesta que cabe ao setor privado os investimentos e riscos, mas também a exploração e aproveitamento dos recursos. Ainda de acordo com IBRAM (2014), em 1988 foi assegurada a compensação financeira pela exploração de recursos minerais aos entes federados, através do CFEM (Compensação Financeira por Exploração de Recursos Minerais).

Outros órgãos governamentais também foram envolvidos, como o Ministério de Minas e Energia, criado em 1960, após vários anos de tentativas (MACHADO; SILVIA, 2001), além do início da criação da “Agência Nacional de Mineração” em 1998, responsável por fornecer permissões e concessões de mineração. O DNPM foi criado como autarquia em 1994 (ANM, 2018), tendo por finalidade:

(..) promover o planejamento e o fomento da exploração mineral e do aproveitamento dos recursos minerais e superintender as pesquisas geológicas, minerais e de tecnologia mineral, bem como assegurar, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, na forma do que dispõem o Código de Mineração, o Código de Águas Minerais, os respectivos regulamentos e a legislação que os complementa (ANM, 2018).

A entidade brasileira de caráter privado mais importante na indústria de mineração é o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), criado em 1976, e que representa empresas e instituições no setor. Os seus objetivos incluem: promover e defender a indústria de mineração, contribuir para sua competitividade e colaborar com governos, além de fomentar e estimular estudos, pesquisas e inovações tecnológicas (IBRAM, 2014).

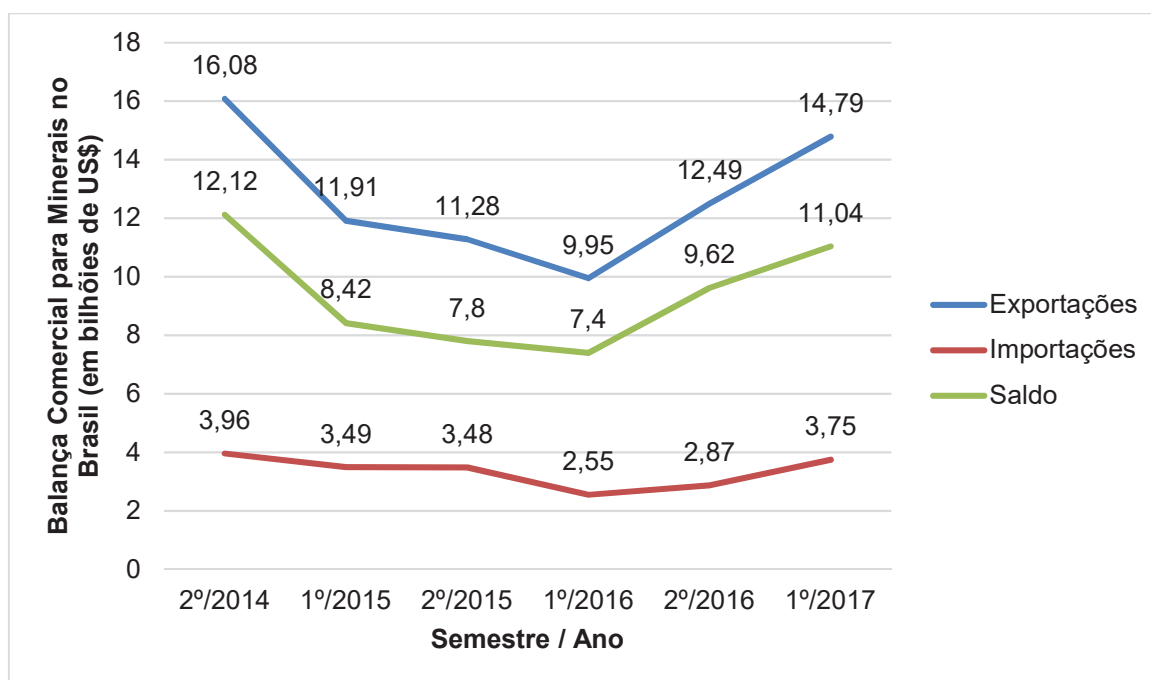
Mais recentemente, em 2017, foi aprovado, após mais de 5 anos de discussões, o novo marco regulatório da mineração no Brasil, buscando um maior planejamento do setor, para que se tenham mais investimentos e se possa garantir o

uso sustentável dos recursos minerais do país (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA -MME-, 2013; WARTH; ARAÚJO, 2017)

#### 2.4.2 Importância da mineração no Brasil

A produção mineral no Brasil voltou a crescer no ano de 2016 e no primeiro semestre de 2017 já mostrou uma reversão de tendência em comparação com o mesmo período de anos anteriores, quando apresentava uma queda da produção (DNPM, 2017a). O relatório do DNPM (2017) mostra que o valor das exportações de minerais é de aproximadamente US\$ 15 bilhões, em comparação com um nível de importações de aproximadamente US\$ 4 bilhões, ou seja, com um saldo bastante positivo na balança comercial, e aumentando com relação a anos anteriores, conforme pode ser visto no GRÁFICO 3.

GRÁFICO 3 – EVOLUÇÃO DO COMÉRCIO EXTERIOR DE BENS MINERAIS



FONTE: Adaptado de DNPM (2017).

NOTA: Valores em bilhões de US\$ (dólares americanos).

No caso das exportações brasileiras, a maior representatividade em termos de toneladas é do minério de ferro, com 68% do total das exportações de minérios, seguido do ouro com aproximadamente 10% e do cobre com 7%. A China segue como o país com o maior percentual de recebimento de bens minerais brasileiros (42%), seguido de Japão, Estados Unidos e Países Baixos com aproximadamente 6% cada um deles. Já para as importações, o maior valor é do mineral carvão, com



um pouco mais da metade do total das importações (52%), seguido do potássio com 27%. Os países que mais exportam para o Brasil são Austrália, com aproximadamente 17%, Estados Unidos com 15%, seguido de Rússia e Chile com 10% cada um (DNPM, 2017a).

O aumento da produção e das exportações geram um maior número de empregos no país. Foram 67 mil novos postos de trabalho no primeiro semestre de 2017, crescimento que não ocorria desde 2014 (DNPM, 2017a). Pesquisas mostram ainda que, em cidades onde a atividade de mineração é praticada, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) apresenta um valor maior do que a média dos seus respectivos estados (IBRAM, 2014).

#### 2.4.3 Empresas da indústria de extração mineral no Brasil

No total são mais de 9.000 empresas de mineração no Brasil, entre grandes, médias, pequenas e micros (IBRAM, 2018). No entanto, para o cálculo do IPM (Índice de Produção Mineral) há 58 empresas que representam mais de 77% do valor da produção mineral beneficiada no Brasil (DNPM, 2017a). Destas principais empresas, a predominância é do minério de ferro com 15 empresas, seguido da mineração de ouro e alumínio representadas por 6 empresas cada, mineração de fosfato e carvão mineral com 5 empresas cada e diversos outros minerais sendo representados por 4 ou menos empresas no Brasil.

Algumas das maiores empresas do Brasil foram criadas nos anos 40, como a “Companhia Siderúrgica Nacional” (CSN) em 1941 e a “Companhia Vale do Rio Doce” (VALE) em 1942 (MACHADO; SILVIA, 2001). O processo de privatização de ambas teve início 50 anos depois, nos anos 90. O caso da empresa VALE foi o mais emblemático, já que era uma das maiores empresas do Brasil e mesmo depois de privatizada continuou a crescer e a melhorar ainda mais sua produção e sua produtividade (SCHMITZ; TEIXEIRA, 2008).

No Brasil, as maiores empresas de mineração são listadas na TABELA 2, baseado no *Ranking* das empresas com base nas suas vendas no período de 2016 (EXAME, 2017a, 2017b), e também um *Ranking* das empresas brasileiras de mineração baseado na produção mineral (BRASIL MINERAL, 2016). Além de apresentar o *ranking*, são também mostrados quais os minérios produzidos em cada empresa e sua capacidade instalada (USGS; SOTO-VIRUET, 2017).

TABELA 2 – MAIORES EMPRESAS DE MINERAÇÃO DO BRASIL

<b>Empresa</b>	<b>Minério(s)</b>	<b>Capacidade Anual (em mil toneladas)*</b>	<b>Ranking EXAME</b>	<b>Ranking BM</b>
<b>VALE</b>	Minério de Ferro	326.500	5	1 e 16
	Cobre	120		
	Ouro	3.000		
	Manganês	289		
	Níquel	25		
<b>Vale Fertilizantes</b>	Rocha Fosfática	5.000		12
<b>Salobo (VALE)</b>	Cobre	200	165	
	Ouro	5.000		
<b>Votorantim Metais (Nexa Resources)</b>	Chumbo	13	269	21
	Níquel	74		
	Zinco	478		
<b>Kinross Brasil Mineração</b>	Ouro	16.000	321	3
<b>Anglo Gold Ashanti</b>	Ouro	8.100	366	5
<b>Copebrás (Anglo)</b>	Rocha fosfática	1.350	386	67
<b>AWA Brasil</b>	Alumina	3.890	399	13
	Bauxita	5.900		
<b>Anglo American</b>	Minério de Ferro	N/A	442	10
	Nióbio	8.100		22
	Níquel	46		17
<b>MRN – Mineração Rio do Norte</b>	Bauxita	18.100	452	7
<b>Hydro Paragominas</b>	Alumina	6.200	500	9
	Bauxita	9.500		
<b>Mineração Serra Grande (Anglo Gold Ashanti)</b>	Ouro	6.000	852	20
<b>Magnesita Mineração</b>	Magnesita	1.200	889	58
<b>Samarco</b>	Minério de Ferro	22.000	(**)	2

FONTE: Capacidade Instalada adaptado de USGS; SOTO-VIRUET (2017), Ranking Exame adaptado de EXAME (2017a) e EXAME (2017b); Ranking BM adaptado de BRASIL MINERAL (2016).

NOTA: \* Mostra a capacidade instalada da unidade.

\*\* A Samarco não aparece no Ranking pois está com as operações ainda paralisadas e não há vendas no período analisado; no entanto, usualmente, aparece na 2ª colocação (EXAME, 2014).

No Brasil há algumas outras empresas com produções relevantes, que possuem um uso de capital significativo para projetos e, estas estão apresentadas na TABELA 3. Pode-se perceber que algumas empresas citadas ainda não apresentam produção pois possuem planos de projetos industriais, como a “Mineração Serra Verde”, para exploração de terras raras (MANGEROTTI, 2017), e

também a “Potássio do Brasil”, com planos de um projeto de potássio no estado do Amazonas (BRAZIL POTASH, 2018). Outros projetos grandes devem ser também implementados em breve, como a expansão das operações de minério de ferro da “Anglo American” (ELS, 2018).

TABELA 3 – OUTRAS EMPRESAS BRASILEIRAS COM PRODUÇÃO RELEVANTE

<b>Empresa</b>	<b>Minério</b>	<b>Capacidade Instalada</b> (em mil toneladas)	<b>Ranking Brasil Mineral</b>
<b>Yamana Gold (Controladora da Maracá e Jacobina)</b>	Ouro Cobre	10.000 85	4 e 26
<b>CSN (controladora da Namisa e Congonhas Minérios)</b>	Minério de Ferro	21.000	6 e 8
<b>Gerdau Açominas</b>	Minério de Ferro	-	11
<b>Votorantim Cimentos</b>	Cálcário		14
<b>CBMM – Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração</b>	Nióbio	6.120	15
<b>Beadell Brasil</b>	Ouro	-	18
<b>Mineração Usiminas</b>	Minério de Ferro	12.000	24
<b>Mineração Caraíba (Glencore)</b>	Cobre	30	27
<b>Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)</b>	Alumina Bauxita	800 3.000	57
<b>Reinarda Mineração</b>	Ouro	1.400	75
<b>Jaguar Mining</b>	Ouro	7.000	76
<b>Mineração Serra Verde</b>	Terras Raras	Projeto	-
<b>Potássio do Brasil</b>	Potássio	Projeto	-

FONTE: Adaptado de USGS; SOTO-VIRUET (2017) e Ranking Brasil Mineral adaptado de BRASIL MINERAL (2016)

NOTA: A capacidade instalada é medida em mil toneladas.

Empresas como CBMM, Maracá, Namisa e Mineração Usiminas já estiveram no *ranking* das maiores empresas em anos anteriores (EXAME, 2014).

As TABELA 2 e TABELA 3 mostram algumas das maiores empresas de extração mineral do Brasil, com seu respectivo minério e também a sua capacidade instalada. Estas informações são de extrema relevância para apoiar na escolha das empresas para a participação da pesquisa deste trabalho.

#### 2.4.4 Projetos na indústria de extração mineral

Sabe-se que o ciclo de vida de uma mina abrange desde a sua concepção, ou exploração dos recursos minerais, passando pelo planejamento, desenvolvimento e operação da mina, indo até o seu fechamento e/ou sua reabilitação

(ENVIRONMENTAL LAW ALLIANCE WORLDWIDE (ELAW), 2010; NEWMONT MINING CORPORATION, 2018; RAGGI, 2014). Todas as fases estão interligadas de alguma maneira. O resumo dos estágios do ciclo de vida de uma mina é apresentado no QUADRO 4.

QUADRO 4 – ESTÁGIOS DO CICLO DE VIDA DE UMA MINA

Exploração / Concepção	Modelagem / Planejamento	Construção / Desenvolvimento	Operação da Mina - Exploração	Fechamento / Reabilitação
---------------------------	-----------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------

FONTE: O autor (2019)

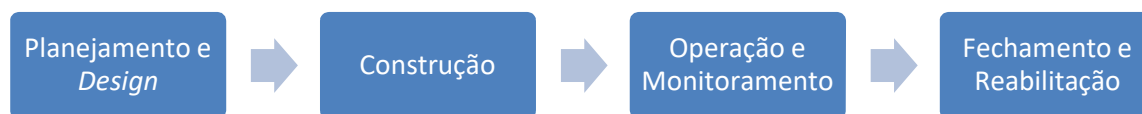
#### 2.4.5 Projetos de barragens de rejeitos

A extração mineral gera grandes quantidades de rejeitos, que requerem um gerenciamento apropriado de todo o seu ciclo de vida, pois estes são acumulados durante a operação e devem ser projetados para o longo prazo (GARBARINO et al., 2018). Sabe-se que um dos grandes desafios desta indústria é a deposição de rejeitos (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016) especialmente quando se utiliza uma barragem para rejeitos líquidos ou de lama e não rejeitos sólidos. São diversos os casos de acidentes em barragens no Brasil, incluindo alguns ocorridos recentemente, como o da mineradora Samarco e mais recentemente pela Vale em MG. Além dos desafios técnicos, o licenciamento ambiental é mais uma dificuldade neste tipo de projetos (OLIVEIRA, 2016; RODRIGUES; STRUMINSKI; LIMA, 2016). A inspeção e padrões de segurança em barragens é ainda um assunto tratado pelo governo, através de sua autarquia DNPM (CARVALHEIRO, 2015).

A área afetada por estas barragens de rejeitos, as comunidades impactadas e os custos relativos ao projeto, construção, manutenção, fechamento e reabilitação são fatores que mostram a complexidade deste tipo de projeto. Adicionalmente, os riscos de falhas e de acidentes podem causar ainda mais danos ao meio-ambiente, saúde no entorno da barragem, além de danos à imagem da empresa. As barragens de rejeitos são um dos legados mais visíveis de uma operação de extração mineral e mesmo após o seu fechamento e reabilitação deve permanecer estável e não produzir nenhum impacto ao meio ambiente (DITR, 2007).

O ciclo de vida de uma barragem de rejeitos abrange desde a sua concepção e planejamento, passando por sua construção, operação e monitoramento, fechamento e sua reabilitação após o final de uso (DITR, 2007). Um resumo dos estágios do ciclo de vida de uma barragem é apresentado na FIGURA 12.

FIGURA 12 – CICLO DE VIDA DE UMA BARRAGEM DE REJEITOS



FONTE: Adaptado de DITR (2007)

De acordo com DITR (2007), o planejamento e desenho da barragem já deve contemplar todo o ciclo de vida da mina, e deve ser preparado de maneira integrada ao seu planejamento. As avaliações de alternativas e as primeiras análises de risco de longo prazo são executadas. Nesta primeira fase também são levantados os critérios de desenho, são realizados os estudos geotécnicos, são preparados os planos de execução do projeto e operação da barragem, e ainda é criado um plano preliminar de fechamento. Esta fase de planejamento ainda é dividida em 3 estágios, sendo a engenharia (*design*) conceitual, preliminar e detalhada, cada uma com entregas específicas e com um nível incremental de detalhamento (GARBARINO et al., 2018).

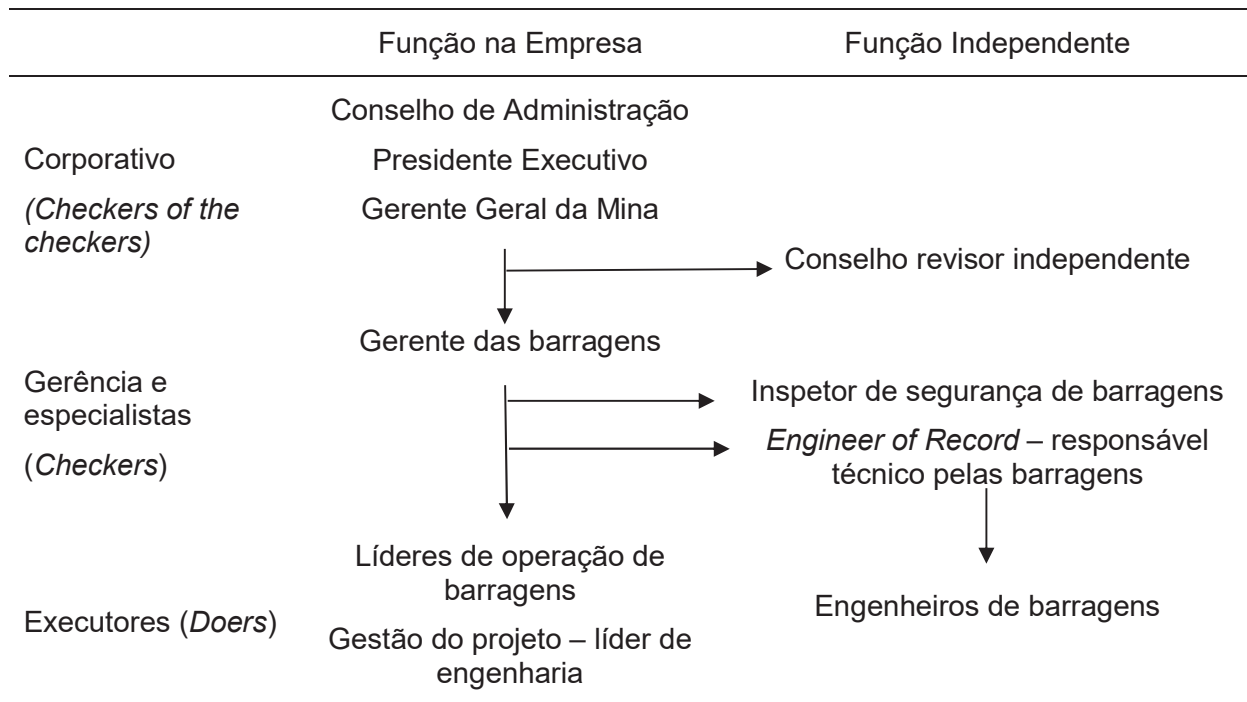
Na fase de construção são seguidas as especificações e é verificado a consistência do desenho, além de se manter relatórios da execução para utilização futura. A operação e monitoramento inclui a manutenção, inspeções e revisões de desempenho da barragem, e é essencial a existência de uma governança para a gestão da barragem ao longo de seu ciclo de vida. Finalmente, no fechamento e reabilitação devem existir considerações já planejadas desde a concepção do projeto para que a barragem não seja simplesmente abandonada, incluindo provisionamento financeiro e um plano de monitoramento e de manutenção, mesmo sem a operação de deposição de rejeitos.

Com relação aos métodos construtivos das barragens, os principais são à montante, à jusante e linha de centro (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016). A montante é a tecnologia mais barata e a mais utilizada, mas é a que oferece mais riscos durante a operação. O tipo à jusante é a que ocupa também a maior área. É importante notar a necessidade de estudar muito bem cada aplicação, dentro de um planejamento antecipado do projeto, e fazer uma análise de viabilidade a longo prazo, com a avaliação dos riscos de cada modelo. Há novos modelos de decisões que podem ser utilizados, como uma análise de multicritério, para que todas as possibilidades sejam avaliadas, e considerações de sustentabilidade também estejam inseridas (SAMANTA, 2017).

#### 2.4.6 Organização para um projeto de barragem de rejeitos

A estrutura de recursos para um projeto de barragens de rejeitos na mineração deve ser avaliada desde a equipe diretamente envolvida com o planejamento e engenharia até a visão corporativa da empresa (ROBERTSON, 2017). Robertson (2017) menciona que esta organização para projetos de barragens não é apenas formal e hierárquica, mas deve ser utilizada para tomada de decisão, e que existem os executores das tarefas, os que verificam, e os que verificam os verificadores (*checkers of the checkers*). E, além da organização da empresa, é necessária uma organização independente, que possa auxiliar neste trabalho. A FIGURA 13 mostra as principais funções para um projeto de barragens, com sua relação com a empresa e externos.

FIGURA 13 – ESTRUTURA TÍPICA PARA PROJETOS DE BARRAGENS DE REJEITO



FONTE: Adaptado de ROBERTSON (2017)

Essa estrutura é também chamada de gestão resiliente, onde cada membro da estrutura tem o entendimento de seu papel na organização, e também sua capacidade técnica para a tomada de decisão (ROBERTSON, 2017). Além disso, deve-se evitar que pressões por tempo e/ou custo diminuam a qualidade das verificações e inspeções, e que passos da decisão sejam contornados. As funções independentes apoiam os responsáveis pela empresa, para que a análise seja a mais eficiente possível.

#### 2.4.7 Considerações sobre a indústria de extração mineral no Brasil

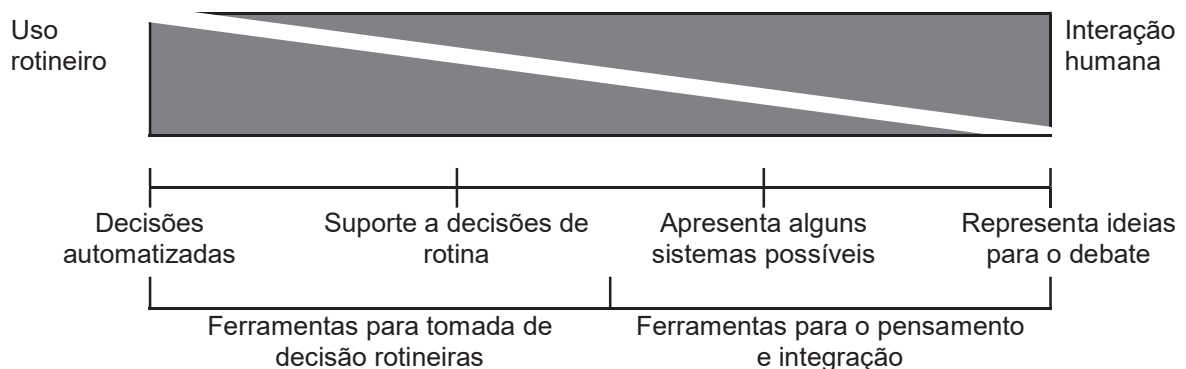
No Brasil, o grande objetivo é a mineração sustentável, para o bem estar das gerações presente e futuras (MACHADO; SILVIA, 2001). Já existem alguns direcionadores para a mineração do século XXI (CORDER, 2015), que incluem:

- Uma nova face para o desenvolvimento da mineração, aumentando somente o espectro dos fornecedores de matéria prima para maximização dos benefícios da extração mineral;
- O crescimento da importância de se obter uma licença social, ou seja, aprovação das comunidades no entorno ao projeto, para operar e avaliar os seus impactos no desenvolvimento dos projetos de mineração;
- A necessidade de melhorar o desenho dos processos produtivos, considerando todos os cinco aspectos da sustentabilidade envolvidos, sendo eles os recursos naturais, humanos, sociais, financeiros e de manufatura.

#### 2.5 DESCRIÇÃO DA *SOFT SYSTEMS METHODOLOGY* (SSM)

Existem vários tipos de modelagens dentro da pesquisa operacional e estas podem variar desde decisões automatizadas, quando o processo é rotineiro, até sistemas que representam ideias para o debate e requerem uma interação humana para a tomada de decisão (PIDD, 2004). Uma representação gráfica simplificada do espectro destas abordagens é mostrada na FIGURA 14.

FIGURA 14 – ESPECTRO DE ABORDAGENS PARA MODELAGEM DE SISTEMAS



FONTE: Adaptado de PIDD (2004)

No lado esquerdo do espectro mostrado na FIGURA 14 os modelos são essencialmente matemáticos e estatísticos, fornecendo uma resposta baseada em variáveis bem definidas e a estrutura é constante em todas as aplicações. Já do



outro lado do espectro as variáveis não estão bem definidas e existem muitas peculiaridades no sistema, onde então os modelos são utilizados para representar as ideias para os debates e as mudanças que ocorrem. Esta diferença pode ser mostrada com as abordagens *Hard* e *Soft* para a pesquisa operacional.

QUADRO 5 – ASPECTOS PRÁTICOS DA PESQUISA OPERACIONAL *HARD* E *SOFT*

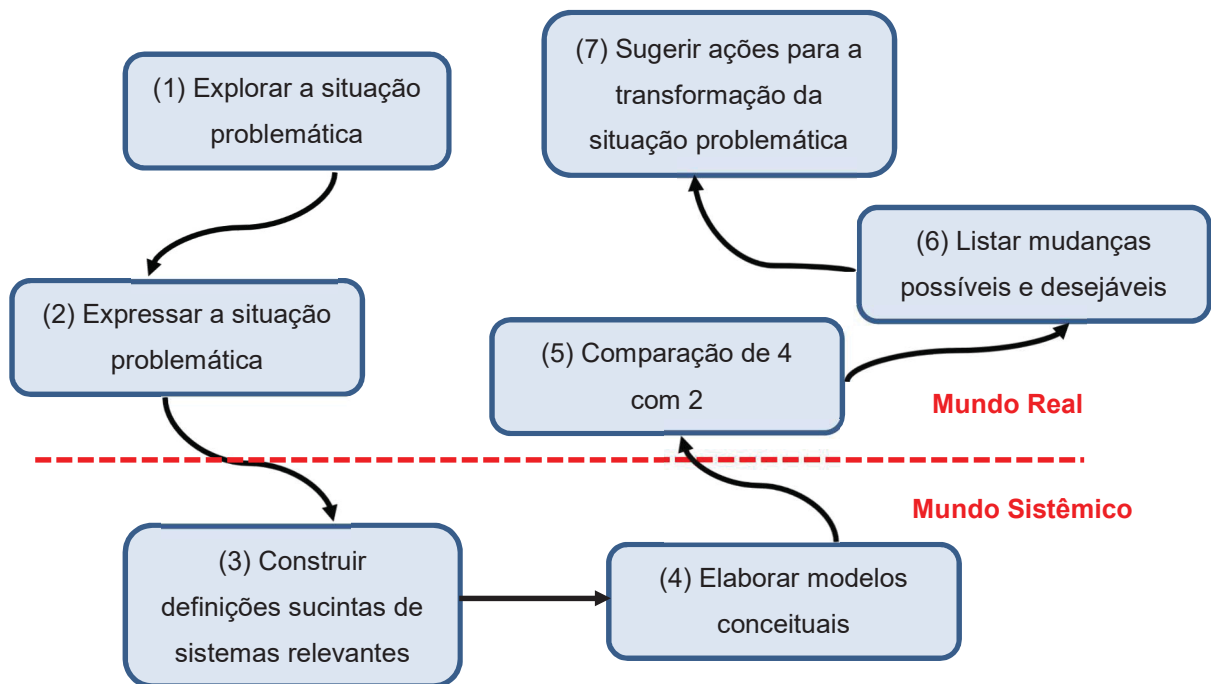
	Pesquisa Operacional <i>Hard</i>	Pesquisa Operacional <i>Soft</i>
Metodologia utilizada	Baseado no sentido comum, visões seguras da análise e intervenções	Baseado em rigorosos estudos e teorias sobre o tema
Modelos	Representação compartilhada do mundo real	Representação de conceitos relevantes ao mundo real
Validade	Possível de ser repetido e comparado com o mundo real	De uma maneira coerente, lógica, consistente e plausível
Dados	De uma fonte que é defensável no mundo real, com significado acordado ou compartilhado. É independente do observador	Baseado em julgamento, opinião e alguma ambiguidade. É dependente do observador.
Valores e resultado do estudo	Quantificação assumida de ser possível e desejável.	Acordo (para ações) e percepções compartilhadas
Propósito do estudo	Pré-determinado no início. E para o modelo entendimento ou alteração do mundo	Permanece problemático e para o modelo é um meio para apoiar o aprendizado

Fonte: Adaptado de PIDD (2004)

A metodologia *Soft* para modelagem de sistemas foi inicialmente desenvolvida em 1981 com base no pensamento sistêmico flexível (CHECKLAND, 1981), e chamada de *Soft Systems Methodology* (SSM), que se opunha ao pensamento comum, ou *Hard*, da época. O seu objetivo principal era auxiliar no processo de entendimento e modelagem da realidade, orientada pela ação a partir de diferentes visões do mundo. Em outras palavras, o foco principal da metodologia é a criação de conhecimento e de aprendizagem, e o método pode ser visto também como uma estruturação de um problema e a criação de um sistema de apoio à decisão (FILHO, 2013).

A metodologia foi criada com sete estágios, mostrando uma visão do mundo real e do mundo sistêmico, ou da pesquisa, conforme apresentado na FIGURA 15.

FIGURA 15 – MODELO INICIAL DE 7 ESTÁGIOS DA METODOLOGIA SSM



FONTE: Adaptado de CHECKLAND (1981)

No entanto, com a continuidade dos estudos e aplicações, o modelo inicial foi otimizado e ao invés de sete estágios criados, foram definidas quatro atividades essenciais ao processo (CHECKLAND, 2000; CHECKLAND; SCHOLLES, 1990). As quatro atividades estão relacionadas com os sete estágios originalmente criados, mas ela possui um caráter mais flexível e abrangentes. As quatro atividades são:

- levantar a situação problemática, incluindo fatores políticos e culturais (estágios 1 e 2 do modelo inicial na FIGURA 15);
- formular modelos de atividades relevantes e com propósito (estágios 3 e 4 do modelo inicial na FIGURA 15);
- debater a situação, usando os modelos, buscando tanto mudanças que melhorem a situação como acomodações entre conflitos de interesse (estágios 5 e 6 do modelo inicial na FIGURA 15);
- tomar ações para melhoria da situação atual (estágio 7 do modelo inicial na FIGURA 15).

Apesar da SSM não ter o mesmo rigor estatístico de uma análise *hard*, como um algoritmo matemático, a metodologia utiliza algumas ferramentas para que o processo possa ser desenvolvido de uma maneira científica e replicável. As principais etapas e ferramentas a serem utilizadas em cada uma das quatro atividades estão mostradas no QUADRO 6.

QUADRO 6 – ATIVIDADES DA SSM E SUAS FERRAMENTAS PRINCIPAIS

Passos atuais da SSM	Atividade da SSM	Ferramentas
1	Levantar a Situação Problemática	<i>Rich Picture</i> Análises 1, 2 e 3
2	Formular modelos conceituais de atividades relevantes	Definição raiz CATWOE 3 E's (ou 5 E's)
3	Debater a situação e comparar mundo sistêmico e real	Verificação com <i>stakeholders</i> através de debates abertos ou questionários
4	Tomar as ações	Priorização de ações Gestão de mudanças

Fonte: Adaptado de CHECKLAND (2000) e SMALL; WAINWRIGHT (2014)

As ferramentas apresentadas no QUADRO 6 são usualmente utilizadas quando do uso da SSM. A primeira delas é a *Rich Picture*, onde é caracterizado o problema em detalhes através de uma figura e não de uma descrição. Isto auxilia no entendimento de todas as relações que acontecem no mundo real e auxilia no desenvolvimento do modelo sistêmico. As análises 1, 2 e 3 são ferramentas para se analisar os envolvidos na situação. Na primeira análise são identificados papéis como o dono, ator, cliente e outros *stakeholders*. Na análise 2, ao invés de se focar em aspectos de papéis e responsabilidades de cada envolvido, busca-se entender os aspectos socioculturais. Já na análise 3 é identificado a lista de poderes de cada um, com discussões mais no alto nível da organização.

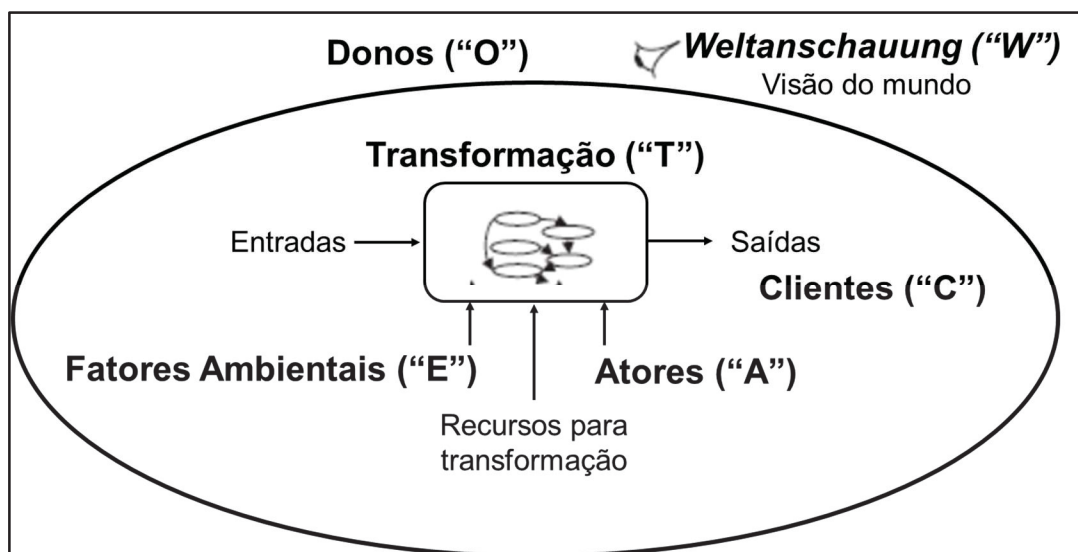
Para a próxima atividade, de formular os modelos conceituais, são 3 ferramentas principais. A primeira é uma definição raiz (*Root Definition*), que é uma declaração formal do que se deseja alterar no mundo real. É usualmente baseada na segunda ferramenta, a CATWOE, que é um mnemônico com os seguintes significados (FILHO, 2013):

- Lista de Clientes (C) – Vítimas ou beneficiários da Transformação;
- Lista de Atores (A) – Quem realiza as atividades de Transformação;
- Transformação (T) – Transformação de alguma entidade em uma entidade alterada. Apresentado na forma de “estado indesejável para o estado desejável”;

- *Weltanschauung* (W) – (visão do mundo) A razão ou perspectiva que justifique realizar a Transformação no contexto apresentado;
- Lista de Donos (O) – (*owners*) Pessoa, ou grupo de pessoas que possuem o poder de anular a Transformação;
- Lista de Fatores Ambientais (E) – (*environment*) Restrições ambientais (ética, legal, orçamentária, etc) que a Transformação aceita como pressuposto e logo, não alteráveis.

A FIGURA 16 mostra uma representação gráfica com os elementos da análise CATWOE, e como elas estão dispostas em uma organização. Alguns elementos apresentados, como entradas, saídas e recursos para transformação não estão diretamente incluídos no CATWOE, mas são indiretamente conectados aos seus elementos. As saídas são o resultado esperado pelos clientes, os recursos estão ligados à transformação e aos atores.

FIGURA 16 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ANÁLISE CATWOE



FONTE: Adaptado de WANG; LIU; MINGERS (2015)

A terceira ferramenta é a 3Es, que representa a eficácia, eficiência, e efetividade, podendo ainda ser 5Es, que inclui a Eticalidade e a Elegância. A eficácia está relacionada com a pergunta se a saída ou resultado é produzido, ou transformado. A eficiência mede se a saída foi feita com o mínimo uso de recursos, e a efetividade representa se a saída é a correta para o dono. A eticalidade indica a necessidade de procedimentos éticos serem utilizados, e a elegância se a aparência e estética do sistema está de acordo com os padrões e normas.

### 2.5.1 SSM aplicada na gestão de projetos

A metodologia SSM é aplicável à gestão de projetos e essa integração não é recente, como pode-se ver no trabalho de Yeo (1993), onde a sua perspectiva é unir o pensamento sistêmico e a gestão de projetos, e no trabalho de Boardman (1994), mostrando uma unificação da engenharia de sistemas e a gestão de projetos. A metodologia SSM também foi utilizada para alguns estudos específicos na gestão de projetos, incluindo a estruturação de problemas na fase do *front-end* (WINTER, 2006), na perspectiva de estimativa de custos pelos *stakeholders* (DOLOI, 2011), e para avaliação de resultados de programas (EIGBE; SAUSER; FELDER, 2015).

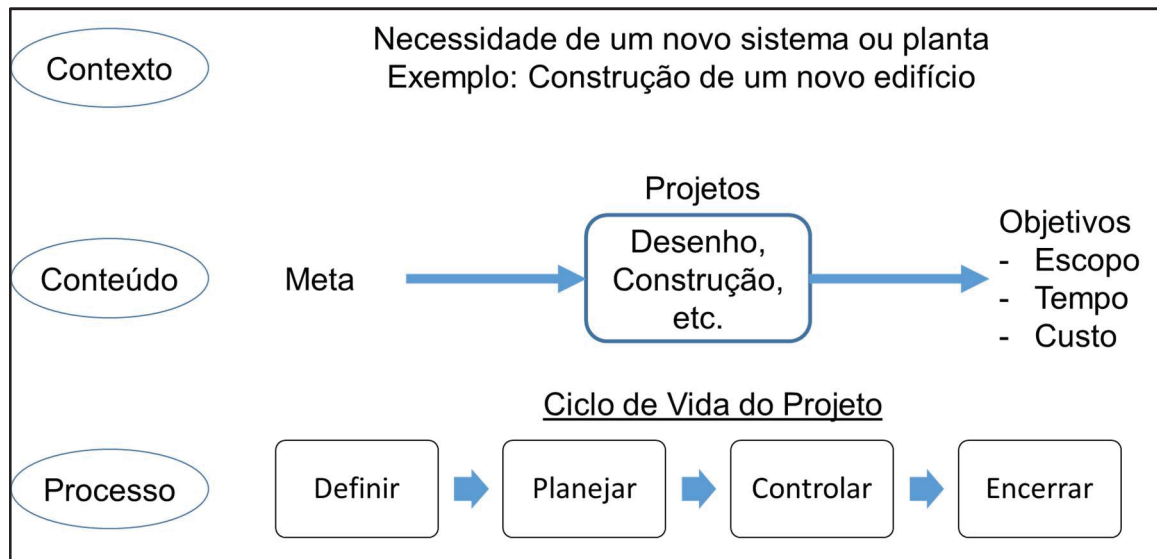
O modelamento de projetos complexos requer o entendimento de situações não convencionais, ou *messy situations* (situações confusas). Essas indicam que não há uma solução única para o problema, mas o entendimento da situação ajuda na resolução do projeto. O QUADRO 7 mostra as diferenças básicas entre as perspectivas *hard* e *soft* para o pensamento sistêmico em projetos.

QUADRO 7 – CONTRASTE DAS PERSPECTIVAS *HARD* E *SOFT* PARA GESTÃO DE PROJETOS

	Perspectiva de Sistemas “ <i>hard</i> ”	Perspectiva de Sistemas “ <i>soft</i> ”
CONTEXTO	Há uma necessidade para um novo produto, sistema, ou planta	Há um fluxo de situações complicadas em constantes mudanças
CONTEÚDO	Um objetivo claro foi identificado, para ser entregue no tempo, dentro do orçamento e com as especificações definidas	Situações confusas são a norma, as quais são assumidas de não serem claras, principalmente no <i>front-end</i> de projetos
PROCESSO	Um processo de gestão, usualmente definido como uma sequência dos estágios do ciclo de vida envolvendo técnicas como PERT e CPM	A gestão do processo, definido como um processo cíclico para lidar com situações confusas, guiadas principalmente por experiência e intuição

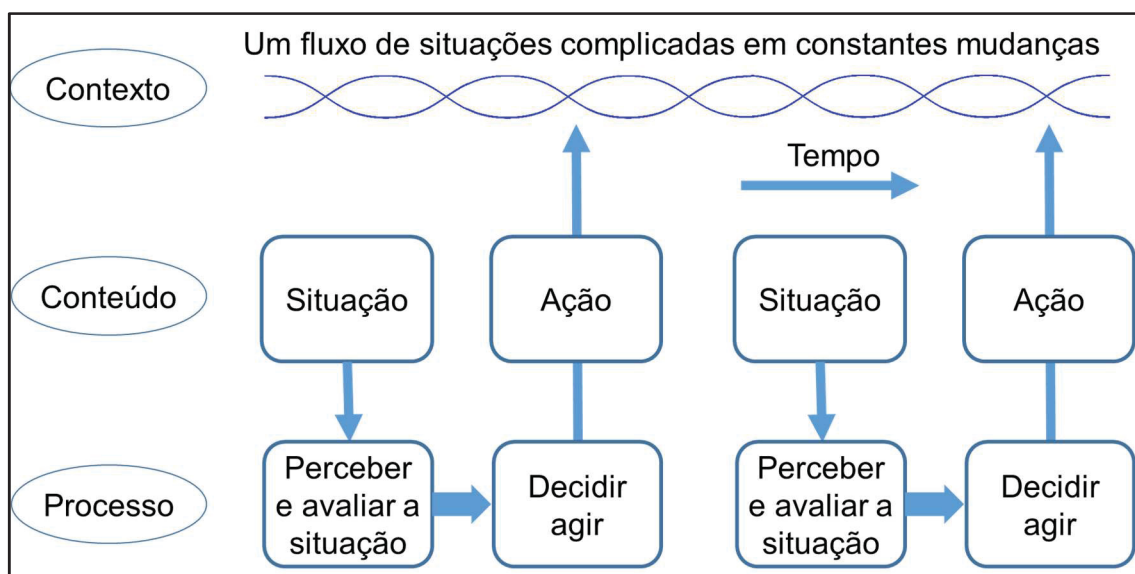
FONTE: Adaptado de WINTER; CHECKLAND (2003)

Essas perspectivas podem ser ainda apresentadas de uma maneira gráfica, o que evidencia as diferenças entre um modelo e o outro. Na perspectiva *hard* o problema, ou situação, é bem conhecida, e a gestão de projetos consegue ser bem definida, com objetivos claros da execução dentro do ciclo de vida do projeto. Pode-se dizer que existe um processo de gestão bem definido. Essa perspectiva é mostrada na FIGURA 17.

FIGURA 17 – PERSPECTIVA *HARD* PARA GESTÃO DE PROJETOS

FONTE: Adaptado de WINTER; CHECKLAND (2003)

Contrariamente, na perspectiva *soft* para a gestão de projetos a situação não é bem conhecida e existe um fluxo constante de mudanças. Com isso, a cada passo a situação deve ser reavaliada para que a tomada de decisão seja a melhor possível naquele momento. Não há um processo de gestão claro e bem definido, então é necessária uma gestão do processo para que possam ser atendidas as mudanças que estão ocorrendo ao longo do tempo. Uma representação gráfica da perspectiva *soft* para a gestão de projetos é mostrada na FIGURA 18.

FIGURA 18 – PERSPECTIVA *SOFT* PARA GESTÃO DE PROJETOS

FONTE: Adaptado de WINTER; CHECKLAND (2003)

### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

*O produto final do planejamento não é a informação: é sempre o trabalho.*<sup>4</sup>

Este trabalho pretende gerar conhecimento, e para isso segue uma metodologia científica (GIL, 2008), num processo sistemático, ao longo de algumas fases para se alcançar os objetivos propostos no primeiro capítulo deste trabalho (GIL, 2017). Primeiramente, foi realizada a caracterização da pesquisa, conforme sua classificação metodológica com base teórica e, em segundo lugar, são apresentadas as suas etapas, incluindo os instrumentos utilizados.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa classifica-se de acordo com a divisão metodológica proposta por Silva e Menezes (2005), contemplando cinco aspectos, sendo eles a natureza da pesquisa, a forma de abordagem, os objetivos, os procedimentos técnicos e o processo de raciocínio, detalhados a seguir, e resumidos na FIGURA 19.

- a) No aspecto da natureza da pesquisa, esta pode ser considerada como pesquisa aplicada, já que objetiva a aplicação prática a problemas específicos. Neste trabalho o problema identificado é a integração das metodologias de gestão de projetos para o escopo de barragens de rejeitos na indústria de extração mineral brasileira. A aplicação prática é o desenvolvimento de um modelo híbrido específico para este escopo.
- b) Com relação à forma de abordagem, a pesquisa é qualitativa, pois o processo é seu principal foco, e há uma subjetividade no processo que não pode ser traduzida em números. A abordagem qualitativa está sendo cada vez mais aceita no meio acadêmico, pois permite um estudo de fatores práticos do dia a dia, além de ter uma abrangência maior do que uma análise estritamente quantitativa (YIN, 2011).
- c) Os objetivos deste estudo têm tanto um caráter exploratório como descritivo. Primeiramente, é exploratório, pois faz um levantamento de informações sobre a extração mineral e seus projetos de barragens de rejeitos, além da pesquisa sobre as metodologias de gestão de projetos, objetivando conhecer melhor os temas. Além disso, a pesquisa é descritiva, pois estuda

---

<sup>4</sup> Peter Drucker (1909 - 2005)



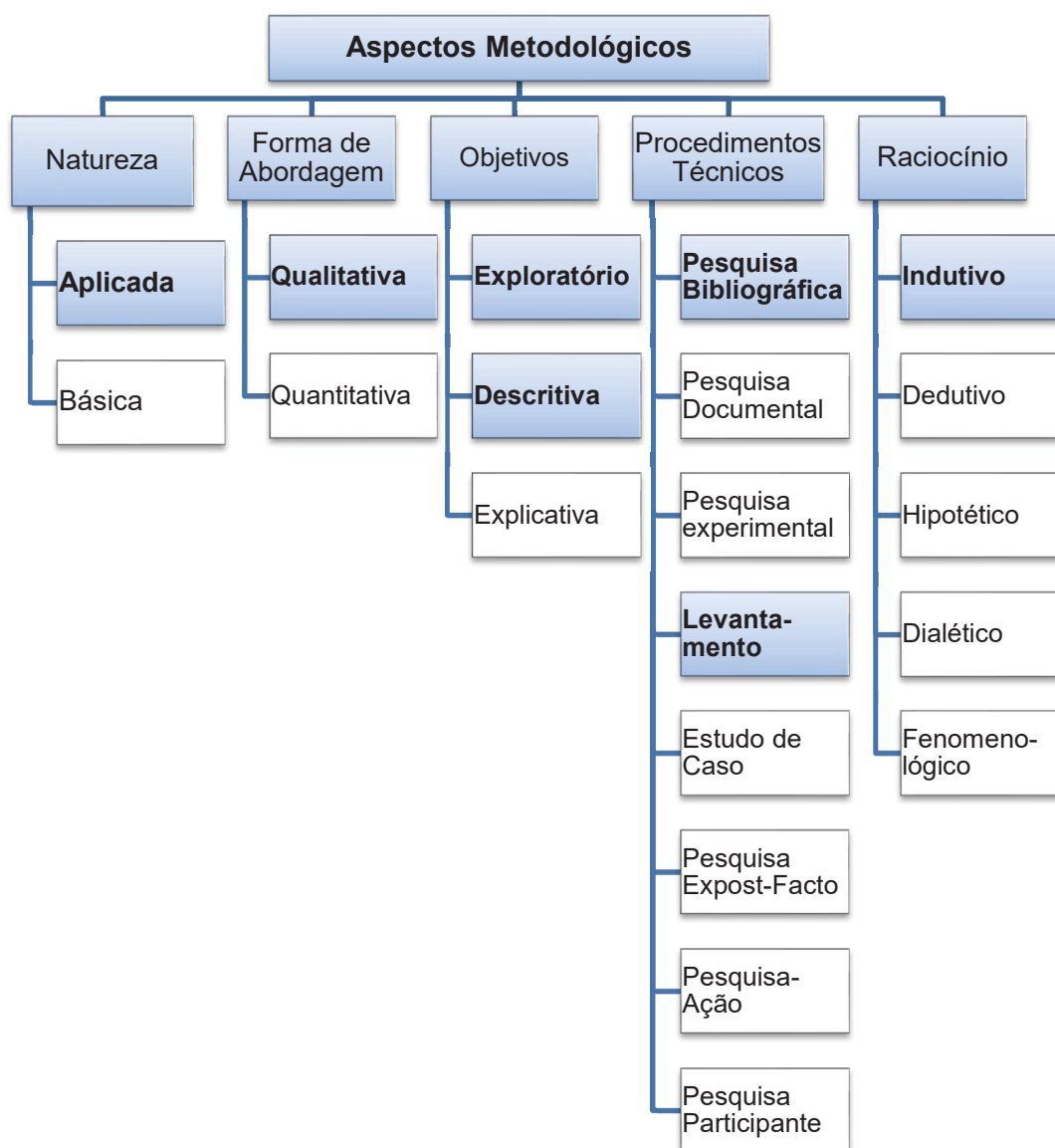
as características de um grupo específico: as empresas de extração mineral no Brasil envolvidas na ampliação ou construção de barragens de rejeitos. Para a escolha dos respondentes à pesquisa foram escolhidas as maiores empresas brasileiras, pois são as que possuem os maiores projetos e já utilizam sistemas estruturados para a gestão de projetos. As empresas representam mais de 50% das grandes barragens de rejeitos no Brasil (ANM, 2019a). O ANEXO mostra um mapa com as principais barragens cadastradas no Brasil.

- d) Quanto aos procedimentos técnicos, foi utilizada pesquisa bibliográfica com material já publicado sobre o tema de estudo, além de um levantamento de informações com pessoas envolvidas na gestão de projetos de barragens de rejeitos nas empresas selecionadas, utilizando um roteiro semi-estruturado para as entrevistas. Os entrevistados foram escolhidos na qualidade de especialistas no assunto, tendo um requisito de ter experiência em pelo menos duas metodologias de projetos e com pelo menos 10 anos de experiência em uma função de coordenação ou lideranças em projetos industriais. Adicionalmente buscou-se por especialistas que tenham participado na equipe de pelo menos um projeto de barragem de rejeitos. Alguns contatos realizados inicialmente que não se encaixaram nesses requisitos de especialistas foram descartados.
- e) Com respeito ao raciocínio a ser utilizado, foi escolhido o indutivo, no qual o conhecimento é fundamentado na experiência, e ocorre na generalização das observações. (GIL, 2008).

A modelagem do processo foi apoiada pela metodologia *Soft Systems Methodology* (SSM), que complementa a clássica metodologia *Hard*, e é muito aplicável a situações complexas em projetos, como é o caso do ambiente e contexto dos projetos de barragens de rejeitos na indústria de extração mineral. O SSM foi utilizado para apoiar a criação do modelo híbrido, mas não é parte integral do modelo apresentado. Uma descrição mais detalhada da metodologia, com os seus passos está descrita no capítulo 2 – Referencial Teórico.

A FIGURA 19 apresenta os cinco aspectos da metodologia utilizados neste trabalho.

FIGURA 19 – RESUMO DOS ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA



FONTE: O autor (2019), baseado em SILVA; MENEZES (2005).

### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica para se conhecer mais sobre a relevância do tema da mineração do Brasil, além de identificar as características das barragens de rejeito e de seus projetos. A revisão também incluiu um levantamento das metodologias de gestão de projetos industriais existentes e suas características principais.

Fez-se a busca do tema em teses e dissertações apresentadas no Brasil, utilizando a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), que possui mais de 100 instituições brasileiras cadastradas, com aproximadamente 300.000 dissertações de Mestrado e cerca de 150.000 teses de Doutorado (BIBLIOTECA

DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES -BDTD-, 2018). Numa busca utilizando as palavras-chave principais: “metodologia de projeto”, “projeto de capital”, “*front-end-loading*”; e incluindo também o termo “mineração” para filtrar os resultados, encontrou-se 122 documentos.

Além disso, buscaram-se teses e dissertações internacionais, relacionadas ao tema em um banco internacional de dados de teses e dissertações (*THE NETWORKED DIGITAL LIBRARY OF THESES AND DISSERTATIONS* -NDLTD-, 2018), usando-se a seguinte linha de busca: "Project methodology" ou "front end loading" ou "capital project" ou "project management" e (*mining or mine*) não "data mining"; pôde-se assim encontrar 127 trabalhos. Destes, 86 estavam em inglês, 9 em chinês e 3 em português (de universidades brasileiras), sendo o restante escrito em diversos idiomas.

Finalmente, em uma busca sistemática no portal de periódicos CAPES, e com os mesmos termos utilizados nas buscas anteriores, encontrou-se mais de 6500 artigos, dos quais, aproximadamente 3800 são relativos aos últimos 10 anos. Fazendo a busca especificamente na base de artigos Elsevier, removendo o termo “*front-end-loader*”, por se tratar de um equipamento, e excluindo jornais de tecnologia da informação (TI) e de ciências da computação, encontrou-se 103 artigos.

Com base em informações da revisão bibliográfica sobre a gestão de projetos foram desenvolvidas integrações entre as metodologias existentes, incluindo elementos externos ao projeto, como o contexto e a organização estratégica e institucional. Para este escopo foi utilizada a perspectiva *hard* de pensamento sistêmico.

Ainda com base na revisão de literatura, mais especificamente sobre os projetos com escopo de barragens de rejeitos, descreveu-se a situação a ser modelada. Para esta fase foi utilizada a SSM, com o uso das ferramentas *Rich Picture* e análises 1, 2, 3, descritas no capítulo de revisão da literatura. Estas ferramentas auxiliam a conhecer todo o ambiente complexo em que este tipo de projeto está envolvido. Seguindo a metodologia SSM foram utilizadas as ferramentas CATWOE e 3Es para especificar um modelo conceitual, com base nas integrações já realizadas.

A análise realizada neste passo da SSM gerou questões aplicadas aos especialistas das empresas, que juntamente com a revisão teórica apoiou a criação

do formulário semi-estruturado, apresentado no APÊNDICE – ROTEIRO SEMI-ESTRUTURADO PARA ENTREVISTA COM OS ESPECIALISTAS NAS EMPRESAS SELECIONADAS. Este formulário serviu como um roteiro para a realização da pesquisa de campo nas maiores empresas de mineração do Brasil. O formulário requer uma coleta de dados em entrevista pessoal, o que o torna bastante prático e eficiente (GIL, 2017; SILVA; MENEZES, 2005). Este formulário foi dividido em quatro blocos de perguntas, conforme orientação de (GIL, 2008), para se evitar alterações bruscas de temas.

1. O primeiro bloco caracteriza a empresa, incluindo o porte, organização da empresa, tipos e tamanhos dos projetos.
2. O segundo bloco caracteriza o respondente e apresenta perguntas de conhecimento geral do entrevistado com relação às metodologias de projetos existentes, para situá-lo no contexto da pesquisa.
3. O terceiro bloco contém principalmente perguntas abertas, para iniciar o entendimento sobre como são gerenciados os projetos, e quais características das metodologias estão sendo aplicadas na empresa, além de entender o nível de adaptação de cada uma delas. É uma oportunidade para os entrevistados descreverem com mais detalhes os processos existentes na empresa, principalmente no que tange aos projetos de barragens de rejeitos.
4. No último bloco, as perguntas são relacionadas às integrações conceituais realizadas a partir da revisão de literatura, para que se tenha uma visão de especialistas da indústria com relação a quais aspectos e características devem ser inseridas no modelo final e quais os resultados esperados.

Uma primeira entrevista foi realizada em caráter piloto para se ajustar e melhorar a forma e o conteúdo das questões da pesquisa (MIGUEL et al., 2012), além de testar procedimentos de aplicação (FORZA, 2002). Após esta primeira entrevista o formulário semi-estruturado foi ajustado, podendo ser encontrado em sua versão final no APÊNDICE – ROTEIRO SEMI-ESTRUTURADO PARA ENTREVISTA COM OS ESPECIALISTAS NAS EMPRESAS SELECIONADAS. Durante as entrevistas foram utilizados documentos internos da organização para o suporte a alguns temas de discussão e para verificar a aplicabilidade de alguns assuntos abordados.

Com base nas integrações realizadas, revisão bibliográfica e respostas obtidas por meio da aplicação dos formulários foi desenvolvido o modelo híbrido para projeto de barragens de rejeitos.

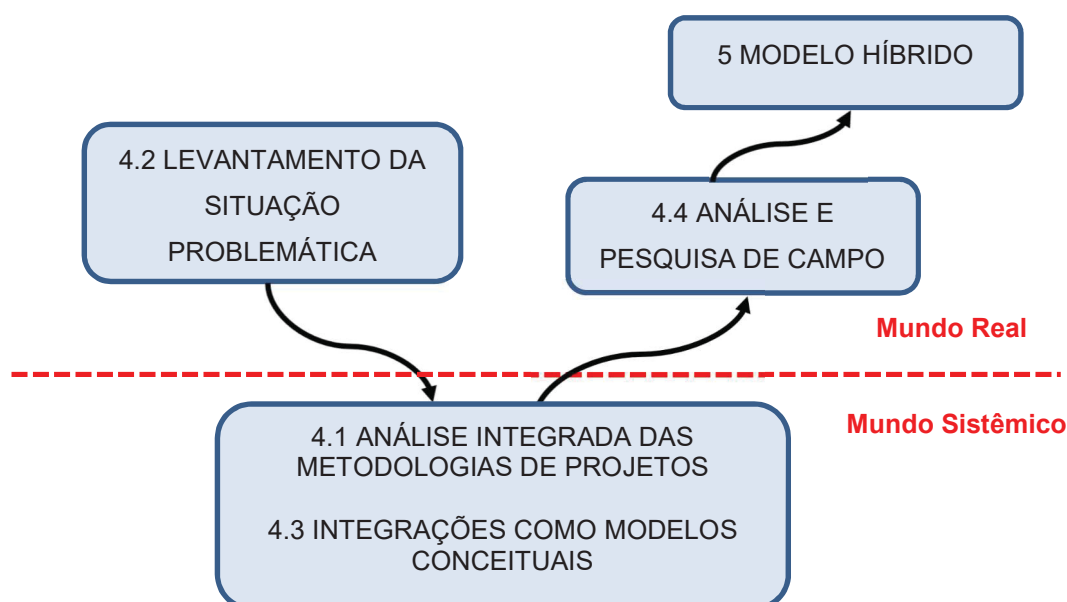
## 4 ANÁLISE DAS METODOLOGIAS DE PROJETOS E PESQUISA DE CAMPO

*Plan for what is difficult while it is easy, do what is great while it is small.*<sup>5</sup>

Primeiramente este capítulo apresenta as integrações das metodologias de projetos, baseadas no levantamento da literatura. Posteriormente foi realizada a análise da situação da gestão dos projetos de barragens de rejeitos baseada nos passos da metodologia SSM de pensamento sistêmico. A primeira etapa do SSM é o levantamento da situação problemática, por meio das ferramentas de *Rich Picture* e análise 1, 2, 3. A próxima etapa é o levantamento de um modelo conceitual, o qual foram utilizadas as integrações entre as metodologias, e ainda englobando o *root definition*, o CATWOE, e os 5Es, que auxiliam na confecção do modelo final. Baseado nos levantamentos anteriores foi realizada a terceira etapa da metodologia SSM, que neste caso foi uma pesquisa de campo com especialistas da indústria de mineração brasileira. A apresentação do modelo híbrido final é apresentado no próximo capítulo. As ferramentas descritas estão apresentadas no capítulo 2 deste trabalho, podendo ser vistas de maneira resumida no QUADRO 6.

A FIGURA 20 mostra a relação de cada passo do SSM com as seções apresentadas no capítulo 4 de análise e no capítulo 5 do modelo híbrido.

FIGURA 20 – PASSOS DO SSM PARA A ANÁLISE E PARA O MODELO



FONTE: O autor (2019), baseado em CHECKLAND (2000)

<sup>5</sup> Sun Tzu, The Art of War 1000 B.C.E

#### 4.1 ANÁLISE INTEGRADA DAS METODOLOGIAS DE PROJETOS

Como apresentado no capítulo 2 deste trabalho, são várias as metodologias para a gestão de projetos, e cada uma possui as suas características próprias dentro do ciclo de vida do projeto (FLESCHE; SELEME; SOUZA, 2018). As principais metodologias da gestão de projetos, sendo elas o PRINCE2®, o FEL e o Guia PMBOK®, abrangem desde a concepção do caso de negócio (*business case*), no pré-projeto, até o encerramento e verificação dos benefícios, passando por suas fases de planejamento e execução.

Na análise entre as três metodologias foi possível perceber que o Guia PMBOK® descreve com mais detalhes as tarefas a serem executadas, apresentando as ferramentas a serem utilizadas pela equipe de projetos. No Guia PMBOK® aparecem elementos de iniciação do projeto, que é o termo de abertura, até as ferramentas para o seu encerramento, incluindo documentação final e lições aprendidas. Na fase de monitoramento e controle também está a gestão integrada de mudanças apresentada pelo Guia PMBOK®, que avalia qualquer solicitação de alteração de uma maneira a analisar todas as dez áreas de conhecimento!

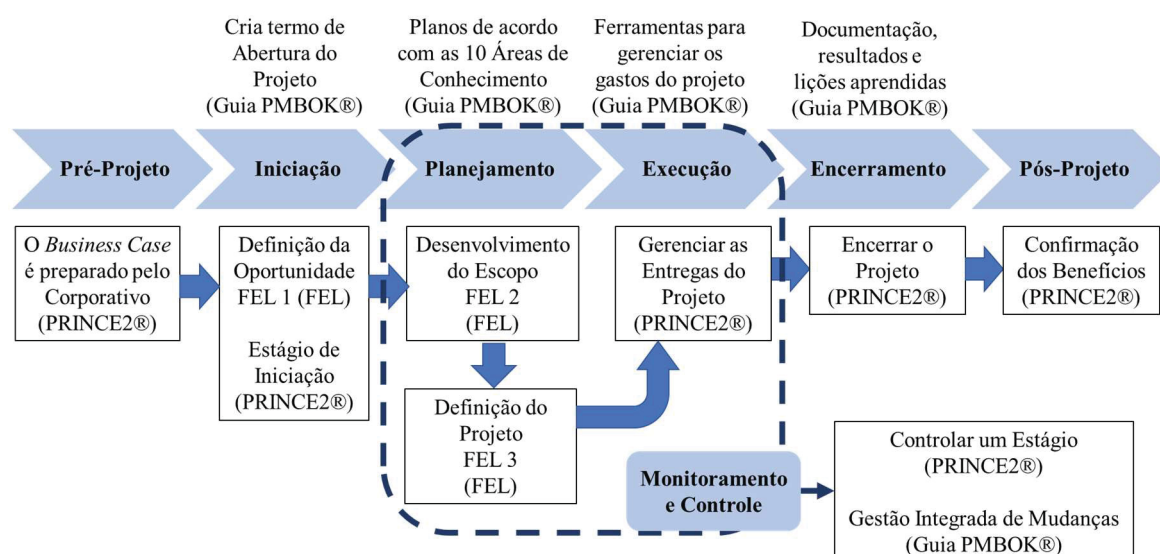
No caso do PRINCE2® é possível ver a sua relação muito forte com o negócio, pois discute o *business case* desde a sua preparação executada pelo corporativo até a confirmação dos benefícios do projeto após a sua entrega. A metodologia abrange o detalhamento de cada uma das fases, incluindo o gerenciamento e controle de cada estágio e de suas entregas.

Finalmente o FEL aparece em fases iniciais do ciclo de vida do projeto, com a criação da oportunidade do projeto, avaliando o *business case* preparado anteriormente, e então desenvolvendo o escopo e detalhando o projeto. Em outras palavras, o FEL está transformando um caso de negócio em um projeto viável, através do detalhamento da engenharia e dos planos.

Como apresentado no QUADRO 2, cada uma das metodologias de gestão apresenta características próprias, mas que podem ser integradas de forma a utilizar os pontos fortes de cada uma. A FIGURA 21 representa uma proposta de integração entre as três metodologias discutidas, baseado em suas características levantadas.



FIGURA 21 - INTEGRAÇÃO ENTRE AS METODOLOGIAS PRINCE2®, FEL E GUIA PMBOK®



FONTE: FLESCHE; SELEME e SOUZA (2018)

Na FIGURA 21 percebe-se que o ciclo de vida se inicia como um estágio de pré-projeto, onde se considera o *business case*, ou seja, a necessidade do negócio, preparado pelo corporativo ou alta administração. Apenas o PRINCE2® descreve com detalhes esta fase, apesar que as outras metodologias utilizam o *business case* como uma entrada importante para decisões e planos posteriores dentro do ciclo de vida do projeto.

Na fase de iniciação de um projeto se define a oportunidade com mais detalhes. A metodologia FEL é a que melhor converte a necessidade do negócio em alternativas para o desenvolvimento do projeto, sendo chamada de FEL 1. O PRINCE2® também possui um processo no estágio de iniciação, com a definição macro da estratégia e a verificação da viabilidade do projeto. O Guia PMBOK® apresenta como o documento principal de saída nesta fase o desenvolvimento do termo de abertura, com informações básicas do projeto incluindo escopo, prazo e custo, além de informações preliminares de riscos, premissas, restrições e *stakeholders*.

A seguinte fase do ciclo de vida é o planejamento do projeto, que é desenvolvido pela metodologia FEL em duas etapas, sendo o FEL 2 de desenvolvimento do escopo e o FEL 3 de definição do projeto, que é a preparação dos planos para a execução. O Guia PMBOK® descreve as saídas para cada uma das 10 áreas de conhecimento a serem usadas nesta fase, e o PRINCE2® inclui o gerenciamento do estágio completo, com suas ferramentas de direção do projeto.

Na fase seguinte, de execução, o PRINCE2® possui ferramentas para gerenciar as entregas do projeto neste estágio, e se preocupa em verificar se cada pacote de trabalho está conforme o especificado no planejamento. O Guia PMBOK® foca nas ferramentas para gerenciar os gastos incorridos do projeto durante a fase de execução, enquanto o FEL não possui esta fase.

Durante o monitoramento e controle podem ser utilizadas as ferramentas de controlar um estágio do PRINCE2®, ou ainda as ferramentas de controle do Guia PMBOK®, incluindo o controle do andamento da implementação do escopo, controle de prazos e custos, controle dos riscos, etc. O Guia PMBOK® possui um processo de gestão integrada de mudanças, abrangendo todas as 10 áreas de conhecimento, e tem como principais entradas as solicitações de mudanças nos seus planos ou no projeto e como principais saídas as tomadas de ação.

Na fase de encerramento do projeto o Guia PMBOK® mostra ferramentas para esta fase, como levantamento das lições aprendidas e os pagamentos finais. Dentro da metodologia do PRINCE2® também são apresentados os planos de como a organização do projeto deve ser finalizada e como será o plano para a verificação dos benefícios. Finalmente em uma fase de pós-projeto são verificados se os benefícios foram cumpridos, mas o detalhamento está contido apenas na metodologia do PRINCE2®.

Em resumo, a integração entre as três metodologias abrange o ciclo de vida do projeto e consegue detalhar as entradas, saídas e ferramentas para cada uma das fases, ou estágios.

No entanto, para projetos complexos e em ambientes complexos, como é o caso de barragens de rejeito na indústria de mineração, é necessário também que se avalie condições do seu entorno e se entenda o contexto em que o projeto está inserido. Em outras palavras, o projeto e o seu ciclo de vida deve se expandir e atingir de maneira integrada o nível estratégico e o institucional de uma organização (MORRIS; GERALDI, 2011).

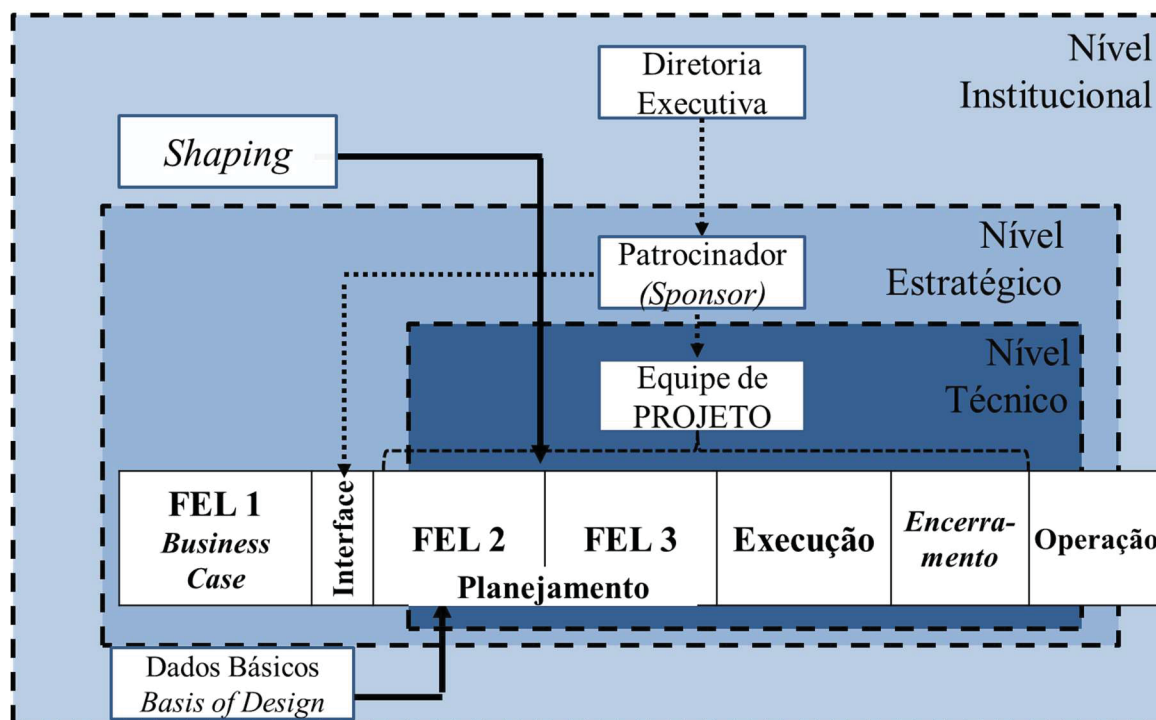
Para Morris e Geraldi (2011) o nível estratégico corresponde ao alinhamento entre os objetivos da organização e o escopo do projeto, ou seja: é a transformação das necessidades do negócio em ações que possam ser planejadas e executadas para se atingir um resultado, serviço ou produto. A responsabilidade deste nível não recai sobre a equipe de projeto, mas sobre um *sponsor*, ou patrocinador, que é

responsável por ser o elo entre o negócio, representado pela alta administração, e o time de projetos.

Já o nível institucional inclui ambientes externos ao projeto, e que não são do controle da equipe de projetos. Neste nível são alcançados não somente outras áreas da organização, mas também entidades e *stakeholders* externos, como o governo, a comunidade, as contratadas, entre outros. Adicionalmente, a responsabilidade das ações e decisões neste nível é da alta administração, representada pela diretoria executiva.

Uma integração mais completa do ciclo de vida de um projeto, incluindo aspectos estratégicos e institucionais então mostradas na FIGURA 22.

FIGURA 22 – INTEGRAÇÃO ENTRE OS NÍVEIS TÉCNICO, ESTRATÉGICO E INSTITUCIONAL NO ÂMBITO DA GESTÃO DE PROJETOS



FONTE: FLESCHE; SELEME; BORGA (2018)

A integração entre os níveis técnico, estratégico e institucional mostrada na FIGURA 22 abrange tanto o ciclo de vida do projeto, incluindo os elementos do contexto como o *shaping* e os dados básicos, como a organização responsável por cada um dos três níveis.

Com relação ao ciclo de vida do projeto percebe-se que a grande parte está inserida no nível técnico, abrangendo o planejamento, a execução e o encerramento. Neste nível são preparados os planos e realizadas as ações

discutidas anteriormente na integração entre as três metodologias de projeto. O planejamento é mostrado em separado com as fases FEL 2 e FEL 3, similar à integração das três metodologias mostrada na FIGURA 21, pois o primeiro faz uma análise das alternativas e escolhe um escopo, e o segundo irá detalhar os planos para esse escopo.

Ainda no nível técnico a responsabilidade de execução é da equipe de projeto. Para um projeto em um ambiente complexo, ou megaprojeto, esta equipe deve ser composta de uma maneira integrada incluindo não somente o gerente de projeto, engenharia e construção, mas que também inclua os responsáveis da operação, do negócio, de outras áreas envolvidas no projeto e em alguns casos dos representantes dos *stakeholders* (MERROW, 2011).

Como discutido anteriormente estes planos são preparados com base no *business case* da organização, que por sua vez está inserido no nível estratégico. Isto se dá pelo fato de ser o documento que é preparado a partir da necessidade do negócio, e já estava presente em uma fase de pré-projeto, como sugerido pela metodologia PRINCE2®.

Finalmente, no nível institucional aparecem a metodologia *shaping* e o levantamento dos dados básicos do projeto. Estes representam uma avaliação do entorno e do contexto onde está inserido o projeto, e irão influenciar nas decisões e na organização do projeto.

Com relação a organização do projeto nota-se que a equipe de projetos é responsável pelo nível técnico, ou seja, pelo ciclo de vida do projeto e seus planos. O nível estratégico é de responsabilidade do patrocinador, que fará a interface, ou o elo, entre a diretoria executiva e a equipe do projeto. É do patrocinador a responsabilidade de entender as solicitações e necessidades da diretoria executiva e conseguir transmitir para que a equipe possa fazer um projeto que cumpra com os objetivos. Da mesma forma o patrocinador é responsável por apoiar a equipe nas suas fases de planejamento e execução e repassar à diretoria solicitações relevantes que necessitem um apoio da alta administração.

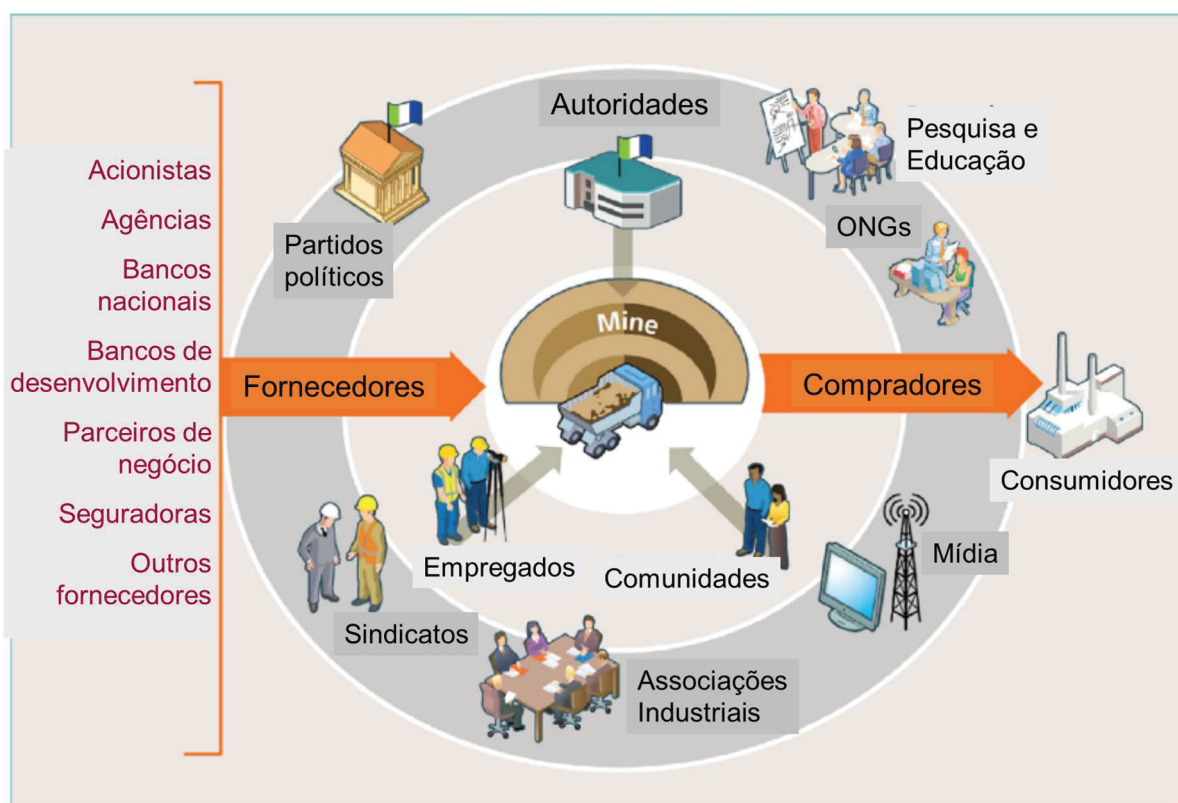
Com relação ao nível institucional percebe-se que a responsabilidade pela execução das atividades do *shaping* e dos dados básicos é da diretoria executiva. O contexto é avaliado antes do projeto iniciar o seu ciclo, para que se possa entender o valor para o negócio e entender as diversas interferências que podem acontecer no caminho do planejamento e execução.

Finalmente, percebe-se na FIGURA 22 a fase de Operações, que está tanto no nível estratégico como no nível institucional. Isto acontece pois o patrocinador, no nível estratégico, é o responsável pelos resultados do projeto, incluindo o escopo, tempo e custo, mas é a diretoria executiva no nível institucional a responsável pelo resultado do negócio e pelos benefícios alcançados.

#### 4.2 LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA

De acordo com a metodologia SSM, e os quatro passos apresentados no QUADRO 6, é necessário primeiramente entender a situação da gestão de projetos para barragens de rejeitos na indústria de extração mineral. A ferramenta utilizada para este primeiro passo é a *Rich Picture*, identificando todos os *stakeholders* e suas relações com um projeto de extração mineral no mundo real, como mostrado na FIGURA 23.

FIGURA 23 – RICH PICTURE COM STAKEHOLDERS EM UM PROJETO DE EXTRAÇÃO MINERAL



FONTE: Adaptado de CHRISTMANN (2018)

Como pode-se verificar na FIGURA 23, são diversos os *stakeholders* para um projeto de extração mineral. Em um primeiro nível mais próximo a mina pode-se

verificar os empregados da empresa, as comunidades no entorno e as autoridades responsáveis pelas aprovações e licenciamentos.

Em um segundo nível de relação pode-se ver os sindicatos dos empregados, as associações industriais, a mídia, as ONGs, os partidos políticos e os representantes de pesquisa e educação.

Finalmente, analisando a cadeia de valor pode-se ver os fornecedores e os compradores da empresa, estes últimos representados pelos consumidores do produto. Pelo lado dos fornecedores aparece em mais detalhes os acionistas, as agências, os bancos nacionais e de desenvolvimento, os parceiros de negócio, as seguradoras e outros fornecedores.

Além dos *stakeholders* explícitos, Christmann (2018) menciona sobre um elemento silencioso, que é o ecossistema onde está localizada a mina.

Para um projeto de barragem de rejeitos algumas relações se intensificam, como é o caso das comunidades no entorno das barragens, pois são afetadas durante a sua operação e podem sofrer ainda graves consequências caso exista alguma falha durante as operações. A relação com o ecossistema, e o meio-ambiente, também é elevada pelos riscos que existem em um projeto e operação deste tipo. Além disso, a relação com as autoridades, principalmente agências reguladoras e licenciadoras deve ser próxima. A pesquisa e educação é de extrema importância para encontrar novas maneiras de se armazenarem os rejeitos do minério, além da busca por soluções para reaproveitar material já descartado (DEHGHANI; MOSTAD-RAHIMI, KH.K.; MOJTAHEDZADEH, KH.K.; GHARIBI, 2009; OSTI et al., 2017; SÃO JOSÉ; PEREIRA, 2016; TOMÁZ et al., 2015; WINDE; STOCH, 2010).

Com base nas informações levantadas na *rich picture*, e para poder melhor entender a situação, a próxima ferramenta recomendada neste passo da SSM é a análise 1, 2, 3. A análise 1 refere-se a análise da intervenção e usualmente é composta por três papéis, sendo o cliente, quem irá resolver o problema e o dono do problema. O cliente para as barragens é a organização, ou especificamente o grupo de operações ou produção, pois receberão o projeto e serão os responsáveis por sua operacionalização após o projeto estar concluído. Quem irá resolver o problema é o grupo de projetos, incluindo o *sponsor* do projeto, o gerente de projetos, além de todo o time de planejamento e execução. O dono do projeto não é apenas dentro da



organização, mas a comunidade, as autoridades, os políticos, como prefeitos e outras lideranças, os credores e todos os responsáveis pelo meio ambiente.

A análise 2 define os papéis, as normas e os valores. Os papéis dos envolvidos em um projeto de barragens de rejeito pode ser visto de forma resumida na FIGURA 22, mostrando desde a diretoria executiva até a equipe de projetos. Cada um dos envolvidos possui sua responsabilidade dentro do nível em que estão inseridos, sendo eles o institucional, o estratégico e o técnico. As normas a serem seguidas são as leis e as regras e procedimentos das empresas. Estas leis e regras devem estar sempre transparentes, mostrando quais os passos que estão sendo seguidos e quais os trabalhos ainda pendentes. E finalmente os valores devem se focar nos elementos da sustentabilidade, como o meio-ambiente, social, saúde e também econômico.

A análise 3 é uma análise política, sendo a mais delicada das três, pois pode envolver algumas questões de poder, de influência e de conflitos de interesse entre as partes (PIDD, 2004). No caso das barragens, além do risco ser elevado, o impacto em caso de um desastre é muito grande. No entanto, os benefícios para os municípios e para a comunidade é significativo, pois a geração de renda e de empregos é elevada. Com isso, o relacionamento entre todos os *stakeholders* pode se tornar ainda mais complexo.

#### 4.3 FERRAMENTAS SSM DE APOIO ÀS INTEGRAÇÕES

Seguindo a metodologia SSM, o próximo passo é a utilização de um modelo conceitual para ser discutido com os especialistas das empresas de extração mineral do Brasil, que representam o mundo real. Para esta etapa foram utilizadas as integrações apresentadas na seção 4.1, e serão ainda utilizadas as ferramentas apresentadas no QUADRO 6 para complementar a discussão com a visão *soft*.

A primeira ferramenta a ser utilizada é da definição raiz – *root definition*. Para o sistema de barragem a definição do problema é em ter um sistema de gestão de projetos para barragens de rejeitos da indústria de extração mineral brasileira, que tenha como objetivos não somente os resultados do projeto de tempo, custo e qualidade, mas que também tenha uma visão de longo prazo do produto, que é a própria barragem. Essa visão de longo prazo inclui elementos da sustentabilidade, como os impactos nas comunidades vizinhas, o risco ao meio ambiente por causa de problemas estruturais ou dos depósitos que serão realizados, problemas na



saúde de todos os envolvidos na construção e posteriormente na operação. Além disso, deve estar inserida de uma maneira forte desde a concepção da ideia do projeto, sendo um elemento obrigatório nas avaliações periódicas de acompanhamento que acontecem pela alta direção da empresa.

Para apoiar na definição raiz, a próxima ferramenta nesta etapa é o CATWOE, apresentada no QUADRO 8.

QUADRO 8 – CATWOE PARA O MODELO DE GESTÃO DE PROJETOS DE BARRAGENS

Elemento CATWOE	Descrição
C – Clientes ( <i>Clients</i> )	Operação e produção que utilizam as barragens
A – Atores ( <i>Actors</i> )	A área de projetos, incluindo o time de projetos, o gerente de projetos e o <i>sponsor</i>
T – Transformação ( <i>Transformation</i> )	A gestão do projeto dentro do seu ciclo de vida, abrangendo também elementos do entorno para avaliação do contexto e ambiente que o projeto está inserido
W – Visão do Mundo ( <i>Weltanschauung</i> )	Operações de barragens seguras para as comunidades e meio-ambiente, e que tragam um retorno financeiro para a empresa e para a região
O – Donos ( <i>Owners</i> )	Empresa além de credores (usualmente os bancos), parceiros de negócios, universidades que estejam envolvidas com pesquisas
E – Fatores ambientais ( <i>Environment</i> )	Alteração do processo de licenciamento ambiental, leis mais restritivas no local, clima político e econômico na região, objetivos do negócio a curto, médio e longo prazo

FONTE: O Autor (2019)

Finalmente, para o desenho do modelo é utilizada a ferramenta dos 3E's, sendo eles a eficácia, eficiência e a efetividade, além dos dois adicionais para o 5E's, sendo eticalidade e a elegância (CHECKLAND; POULTER, 2006). No QUADRO 9 são apresentados os 5Es para a gestão de projetos de barragens de rejeitos.

QUADRO 9 – OS 5ES PARA A GESTÃO DE PROJETOS DE BARRAGENS

Os 5 Es	Descrição
Eficácia (é realizado?)	Projeto de barragem construído dentro de objetivos de custo, prazo e qualidade
Eficiência (utiliza mínimos recursos)	Mínima área impactada com a correta gestão do projeto
Efetividade (entrega o resultado esperado – longo prazo)	Barragem de rejeitos que irá operar sem riscos para o meio-ambiente, comunidades, entorno.
Eticalidade – Utiliza padrões éticos	Utiliza de padrões éticos para a gestão sem fraudes e com muita transparência nos processos
Elegância – É estético	A barragem tem o mínimo impacto visual no local, o que é um fator importante para a indústria de extração mineral.

FONTE: O Autor (2019)

Com base nas análises realizadas, incluindo o CATWOE e o 5Es, e as integrações anteriormente mostradas, percebe-se a necessidade de expandir ainda mais a atuação de um projeto complexo englobando elementos de sustentabilidade, como meio-ambiente, possíveis impactos sociais e culturais, saúde e segurança, além de mostrar a necessidade da relação de um projeto de barragens de rejeitos com a sua operação após a entrega.

#### 4.4 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO

Neste terceiro passo da metodologia SSM o objetivo é comparar as integrações realizadas com base na revisão bibliográfica com o mundo real, ou seja, com o que as empresas e organizações estão fazendo na prática. As integrações são apresentadas na seção 4.1 deste trabalho e são complementadas com a análise das ferramentas do SSM para a etapa de levantamento conceitual apresentado na seção 4.3. Com isso obtêm-se informações relevantes para a criação do modelo híbrido, apresentado no próximo capítulo.

Para o levantamento do mundo real conseguiu-se contato com 10 das maiores empresas do Brasil, com base nas TABELA 2 e TABELA 3. Dentre essas, duas empresas não possuem barragens de rejeitos por causa do processo a seco que utilizam e foram descartadas da análise. Em outros dois casos os contatos não tiveram disponibilidade para participar da entrevista. Com isso foram obtidas respostas detalhadas de seis empresas, que possuem um volume representativo da produção brasileira, sendo 70% da produção de minério de ferro, 50% da produção de alumínio e bauxita, além de quantidades representativas de cobre, níquel, zinco e ouro (DNPM, 2017b). As entrevistas foram realizadas nos meses de novembro e dezembro de 2018 e tiveram a duração entre 2 e 3 horas cada uma.

Para a pesquisa de campo foi utilizado o roteiro semi-estruturado apresentado no APÊNDICE – ROTEIRO SEMI-ESTRUTURADO PARA ENTREVISTA COM OS ESPECIALISTAS NAS EMPRESAS SELECIONADAS. Abaixo está uma compilação das respostas obtidas de acordo com os quatro blocos de perguntas, além da pergunta inicial sobre a importância deste tipo de projeto e uma ao final para exemplos de projetos. Não estão identificados os especialistas que forneceram os comentários e não foi feito uma análise individual das empresas por motivos de confidencialidade. Contudo este fato não interfere no objetivo de apresentar o contexto geral do mundo real da indústria de mineração brasileira.

#### 4.4.1 Importância e desafios dos projetos de barragens de rejeitos

Esta primeira pergunta foi realizada com o intuito de iniciar a discussão, contextualizar a pesquisa e confirmar a importância e necessidade do tema para as empresas. Todos os especialistas confirmaram que os projetos de barragens de rejeitos dentro de suas empresas são de extrema importância para a continuidade operacional, e que os desafios são tanto da parte técnica de planejamento da barragem como do seu entorno. Além disso, foi comentado por todos sobre a necessidade de ter uma visão de longo prazo destes projetos, pois o impacto pode ser muito elevado.

O primeiro ponto abordado é que as barragens de rejeitos ocupam uma grande área não utilizável, e geram um passivo enorme e com uma duração de vários anos. É necessário e importante fazer uma avaliação minuciosa da região para verificação de biodiversidade, existência de possíveis cavernas ou sítios arqueológicos, área minerável, ou seja, com possível exploração viável de algum minério, entre outros. Além da área utilizada pela barragem, a área de um possível impacto por motivo de uma falha é ainda maior, como foi o caso dos rompimentos da Samarco em Mariana em 2015 e da Vale em Brumadinho em 2019. Como comentado pelos especialistas, isto faz com que a visibilidade de um projeto como este seja muito grande, e se torne um assunto sensível para a empresa, governo, comunidade e outros *stakeholders*.

Um segundo tópico abordado pelos especialistas é sobre o licenciamento das barragens, que é bastante restritivo e com um tempo bastante longo, podendo levar até 8 anos desde o início do processo e das discussões. O tempo pode ser reduzido em casos de alteamento de barragens ou algumas modificações, mas o plano inicial deve contemplar estas expansões. O licenciamento faz com que o ciclo de vida do projeto, e da fase de pré-projeto, seja um dos mais longos dentro da indústria de mineração.

Foi comentado ainda sobre a necessidade da visão do negócio como um todo para este tipo de projeto, pois mesmo após a finalização das operações é necessário que exista a reabilitação da área e o planejamento do uso desta grande área alagada. O projeto da barragem deve contemplar esta visão de longo prazo desde suas definições iniciais e tomar ações para que a área não seja simplesmente abandonada.

#### 4.4.2 Caracterização do ambiente de projetos das empresas

O primeiro bloco de perguntas do roteiro se refere sobre o ambiente da gestão de projetos dentro das empresas, incluindo temas sobre área corporativa, uso de metodologias de projetos e estrutura da organização. O objetivo é entender como a empresa aborda a gestão de projetos e iniciar a discussão sobre a gestão de projetos de barragens de rejeitos dentro da empresa.

Todas as empresas possuem uma área corporativa de projetos, responsável pelos procedimentos, metodologias e padrões, e na metade das empresas entrevistadas esta área é localizada em sua matriz fora do Brasil. Nestes casos existem líderes regionais que são responsáveis pelos projetos nas unidades locais. Foi comentado ainda que todas possuem o seu sistema formal de gestão de projetos, e que na parte de planejamento são adaptadas com base na metodologia FEL. Duas empresas mencionam que o seu processo inclui também um formato colegiado de decisão e sempre com foco no *business case*, bastante similar à metodologia PRINCE2®. Em alguns casos a metodologia inclui mais de 200 documentos de gestão e mais de 800 documentos técnicos.

Cada empresa possui os seus critérios para definição de complexidade e de tamanho do projeto, mas usualmente os projetos de barragens de rejeito são gerenciados pela área corporativa devido às suas características e dificuldades. A principal característica mencionada foi a necessidade de adiantar os processos de engenharia, ou seja, detalhar algumas entregas de maneira antecipada em comparação com outros projetos industriais. Isto se faz necessário para que as informações do projeto e de todo o ciclo de vida da barragem, incluindo o fechamento e reabilitação estejam disponíveis de forma antecipada para o licenciamento ambiental e questões regulatórias.

Finalmente foi mencionado em sua maioria que os projetos possuem uma responsabilidade compartilhada, ou seja, que tanto a área de operações como a de projetos devem estar integradas no desenvolvimento de um projeto complexo como o de barragens de rejeitos. Usualmente a diretoria de operações, em conjunto com a diretoria executiva e alta administração incluindo o conselho administrativo, é responsável pela definição da oportunidade e análise das necessidades de expansão da produção, enquanto que a área de projetos é responsável pelo planejamento e execução do projeto com uma visão de longo prazo.

#### 4.4.3 Caracterização do respondente das empresas selecionadas

Este segundo bloco de perguntas refere-se especificamente sobre a experiência do respondente com relação às metodologias existentes na literatura, além de abordar a sua visão com relação a como as metodologias são conhecidas pelas equipes de projeto da empresa. O objetivo é verificar como as metodologias e práticas de projetos estão difundidas dentro das organizações e como elas são abordadas pelas equipes.

Todos os profissionais consultados possuem experiência de mais de 10 anos, o que era um requisito inicial para a seleção de especialistas, e já trabalharam em mais de uma empresa da indústria de extração mineral no Brasil. Todos também já lideraram ou participaram em projetos de barragens de rejeitos em suas empresas. Em todos os casos também receberam treinamento específico da metodologia de gestão de suas empresas, sendo apresentados os documentos e padrões.

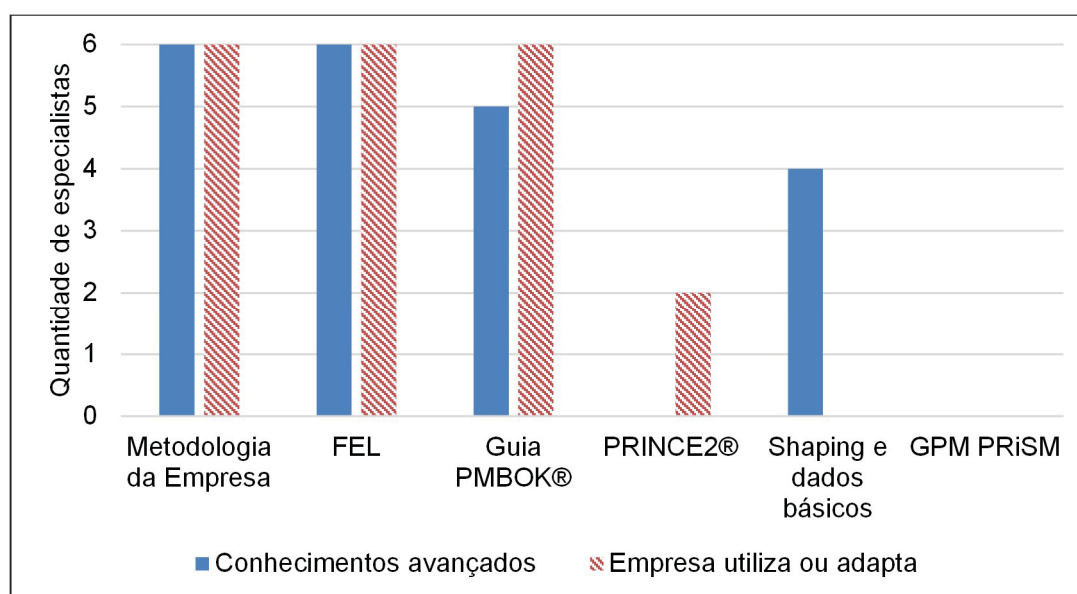
Além disso, todos mencionaram conhecer e ter recebido treinamento formal na metodologia FEL, e cinco dos seis entrevistados conhecem bem as práticas do Guia PMBOK®. Por outro lado, o PRINCE2® e as metodologias ágeis não são conhecidos em detalhes por nenhum dos participantes.

Além das metodologias utilizadas dentro do ciclo de vida do projeto, foi incluída referência às metodologias que abordam o entorno e contexto do projeto. No caso do *shaping* os especialistas declararam ter um conhecimento formal sobre o assunto, mas não tem o conhecimento do uso direto nos projetos em que estavam envolvidos. Em seus comentários mencionam que as suas empresas não possuem um processo formal para esta análise do contexto. Isto acontece de maneira similar aos dados básicos do projeto e do ambiente, que são de responsabilidade do nível institucional, e usualmente não são informações completamente compartilhadas com a equipe dos projetos.

No caso da metodologia PRiSM os profissionais mencionaram não a conhecer, mas com base nas explicações do pesquisador sobre a metodologia a percebem como de extrema importância, principalmente para os projetos de barragens de rejeitos. Durante as discussões percebe-se que os processos devem abordar os temas de sustentabilidade com mais detalhes e com uma visão de longo prazo.

Finalmente ainda foram mencionadas outras metodologias utilizadas pelas empresas, como é o caso das *Value Improving Practices* (VIPs), utilizada por metade das empresas pesquisadas, e do método *Advanced Work Packaging* (AWP) do CII, utilizada de uma maneira adaptada por apenas uma das empresas. Mesmo nas empresas que utilizam de alguma maneira as VIPs, os seus benefícios não são evidentes. A melhor prática mencionada é de se incluir controles efetivos tanto na fase do projeto como posteriormente na fase de operações.

GRÁFICO 4 – CONHECIMENTO E APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO DE PROJETOS



FONTE: O Autor (2019)

O GRÁFICO 4 apresenta um resumo do conhecimento formal das metodologias de projetos existentes, tanto para o ciclo de vida do projeto como para as metodologias sugeridas para entender o contexto do ambiente em que os projetos estão inseridos. Percebe-se o forte conhecimento e utilização das metodologias do ciclo de vida do projeto apenas, mais especificamente no FEL e Guia PMBOK®, que estão com foco no planejamento e execução.

No caso do PRINCE2® considera-se que não existe um treinamento formal pelos especialistas ou pela empresa, mas as práticas utilizadas são similares as discutidas pela metodologia, considerando então o seu uso de uma maneira adaptada. O *shaping* é conhecido pela maioria dos especialistas, mas não se percebe o seu uso formal dentro das empresas, ou pelo menos não é de conhecimento da organização dos projetos. Os participantes na pesquisa declararam que não se envolvem tanto com o *shaping* ou com o PRISM pois devem

estar envolvidos com o ciclo de vida específico do projeto e não estão integrados em uma visão mais global. Esta foi indicada como uma oportunidade para que os responsáveis por projetos possam entender melhor como funciona todo o ciclo de vida.

#### 4.4.4 Processos e práticas de gestão de projetos utilizados

O próximo bloco de perguntas é relativo aos processos e práticas da gestão de projetos utilizados pelas empresas, em específico para projetos de barragens de rejeitos. O foco é entender sobre quais elementos e ferramentas são utilizados pela organização de projetos dentro do ciclo de vida completo.

O primeiro ponto de discussão é o *business case* e foi mencionado que esta visão de negócio está cada vez mais forte dentro das empresas. Existe um envolvimento cada vez maior do *board*, ou o conselho de administração da empresa, principalmente para questões estratégicas, como é o caso de um projeto de barragem de rejeitos. O foco e a visão dos executivos está se voltando para o longo prazo, e o *business case* é muitas vezes preparado por um centro de excelência em projetos da organização, que corresponde a um grupo corporativo responsável pela estratégia. Um dos especialistas mencionou o fato que a empresa está mudando os seus planos de projeto de *design for construction* (engenharia para construção) para *design for industry* (engenharia para a indústria) ou *design for production* (engenharia para a produção). Isto mostra o foco cada vez maior em fases externas ao ciclo de vida apenas do projeto.

Para o fortalecimento do elo entre os objetivos do negócio e os objetivos do projeto as empresas estão implementando com mais rigor a função de patrocinador, ou *sponsor*, dos projetos. No entanto, metade das empresas ainda não utilizam este termo para designar o responsável pela prestação de contas do projeto, e o chamam de *owner* (dono) ou alocam um comitê executivo, composto por diretores de áreas. Existe também uma diferença apontada pelos especialistas das empresas, onde em alguns casos o patrocinador é o diretor da área de projetos, enquanto que em outras a função é exercida pelo diretor de operações da unidade onde o projeto de barragem será executado.

Foi também mencionado por especialistas de duas empresas que a função de patrocinador é confundida muitas vezes com o cliente do projeto, e que isto causa desalinhamento. Na sua concepção o cliente irá receber o produto do projeto e



indica suas necessidades, enquanto que o patrocinador faz o elo com o negócio da empresa e deve entender como o projeto impacta no negócio. Além disso o patrocinador é o responsável pelo projeto desde a sua concepção até a sua operação, gerindo as necessidades dos níveis técnico, estratégico e institucional.

A sustentabilidade é um tópico relativamente novo sendo discutido pelas áreas de projetos das empresas, e a preocupação tem sido em avaliar não somente a viabilidade financeira dos projetos, mas também a viabilidade ambiental, social, cultural, de saúde e segurança. Foi mencionado por 100% das empresas que existem manuais e procedimentos que abordam estes temas de sustentabilidade, mas a visão ainda tem sido na decisão de alternativas do projeto e menos como opções da organização como um todo. A avaliação de um projeto ou de uma carteira de projetos ainda passa primeiramente por uma questão financeira e de viabilidade antes da questão de sustentabilidade, mas esta visão está mudando aos poucos.

Um exemplo mencionado foi o da utilização de filtros para que se aproveitem mais material e que exista uma menor quantidade de rejeitos despejados em barragens. No entanto, se o projeto utilizando as barragens tiver um melhor resultado de viabilidade financeira este será o escolhido em detrimento a um que poderia diminuir o impacto social e ambiental.

Para as fases de planejamento as empresas utilizam portões de aprovação, ou pontos de avaliação do projeto, seguindo principalmente a metodologia FEL. Em cada uma das fases são avaliadas as entregas necessárias e descritas nos manuais. A quantidade de fases, ou estágios, variam de 3 a 6, e para o caso de barragens de rejeitos existe um fortalecimento dos portões iniciais, ou seja, aqueles que avaliam o business case e as alternativas do projeto. Isto é realizado também pois existe a necessidade de licenciamento ambiental que deve iniciar o mais antecipadamente possível, e em muitos casos as entregas do projeto são adiantadas. Adicionalmente foi mencionado que a engenharia de detalhes, durante a execução, não possui muita complexidade para uma barragem, então o foco é realmente nas fases de planejamento e definição.

As empresas também avaliam com grande detalhamento os *stakeholders* dos projetos de barragens de rejeitos, principalmente as comunidades próximas, as ONGs, as autoridades locais, os potenciais fornecedores e vários outros. As empresas possuem os seus procedimentos e também áreas responsáveis especificamente por essas ações, que também são envolvidas no projeto desde o

início. Esse relacionamento com as comunidades é importante não somente durante a fase do projeto, mas durante toda a conceitualização do projeto e também durante a fase de operações. No entanto, foi mencionado por duas empresas que este processo poderia ser ainda mais “cirúrgico”, ou seja, deveria abordar com mais detalhes os riscos que podem acontecer, tanto em termos de probabilidade como de impacto, e isto deveria ser mais transparente para toda a gestão do projeto.

Sobre o encerramento do projeto as empresas possuem procedimentos formais com entregas específicas que devem ser preparadas pela equipe de projetos. Nas empresas consultadas essa fase de transição é chamada de prontidão operacional, onde os planos para a operação da barragem devem ser entregues e testados. Existe também uma fase de *ramp-up*, quando acontece um aumento gradativo da operação e o projeto ainda está envolvido para acompanhar a equipe de produção. Importante mencionar que a fase de prontidão operacional deve estar planejada desde o início do projeto, e algumas entregas já são preparadas de maneira bastante antecipada, incluindo alguns dados de início de operação como parte do licenciamento ambiental. Em quatro empresas há ainda procedimentos formais abordando o fechamento da mina (*mine closure*) e da barragem, e as suas reabilitações de área. Estes planos preliminares já devem estar preparados e devem ser disponibilizados para a operação com um foco no longo prazo da barragem.

Para finalizar o bloco de perguntas foi discutido sobre os pontos fortes e fracos da metodologia utilizada pela empresa, em particular sobre os projetos de barragens de rejeitos. A percepção comum é que as metodologias das empresas possuem muito mais pontos fortes na gestão do projeto do que pontos fracos. Existe um apoio da diretoria com respeito ao seguimento dos processos e dos procedimentos, e a avaliação do negócio e de aspectos de longo prazo estão sendo cada vez mais inseridos dentro das avaliações. Além disso, a estrutura de projetos está sendo fortalecida dentro das organizações, e as áreas corporativas estão sendo integradas de uma maneira mais formal. No entanto ainda percebe-se que as avaliações de entregas nas fases do projeto são de maneira superficial no que diz respeito a qualidade da informação entregue. Em outras palavras, em muitos casos é verificado se o documento ou procedimento foi preparado, mas não é olhado com detalhes como ele foi desenvolvido ou quais as premissas que foram adotadas. Também foi mencionado sobre o fator de padronização dos projetos, e ainda há

lacunas em vários documentos que necessitam ser entregues em cada uma das fases, principalmente naquelas que dizem respeito ao entorno do projeto.

O QUADRO 10 resume as principais características discutidas em cada uma das perguntas, além de mostrar as oportunidades e desafios apontados pelos especialistas.

QUADRO 10 – RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA GESTÃO DE PROJETOS NAS EMPRESAS

Tópico	Características	Oportunidades e desafios
<i>Business Case</i>	Projetos de barragens com um grande envolvimento do negócio e das suas necessidades	Ter um foco cada vez maior no longo prazo e nos planos para a produção
Patrocinador do projeto	Existe e tem participado ativamente do ciclo de vida dos projetos de barragens	Fortalecer a função, com descrição das responsabilidades
Aspectos de sustentabilidade	Há procedimentos e manuais para a análise do tema em 100% das empresas	Priorizar os aspectos sociais, de meio ambiente, de segurança e saúde sobre o financeiro
Portões de aprovação	A totalidade das empresas utilizam a aprovação em fases que variam entre 3 e 6, e as entregas são verificadas	Abordar de uma maneira mais explícita a relação com o <i>business case</i> e adiantar alguns documentos para os projetos de barragens
<i>Stakeholders</i> , comunidades, ONGs	Há procedimentos e manuais, além de envolvimento de outras áreas da organização	Criar uma avaliação ainda mais detalhada de possíveis impactos e riscos envolvidos
Encerramento formal	As empresas possuem uma fase de prontidão operacional, que é a preparação para a entrega do projeto para operações	Assegurar que os planos sejam preparados em fases iniciais do projeto e que exista o envolvimento da área de operações na equipe do projeto
Metodologia dos projetos na empresa	A estrutura de projetos está fortalecida com o apoio da alta administração e foram desenvolvidos vários manuais e procedimentos	Aprimorar a maneira como são avaliados os documentos, e amadurecer a metodologia de análise dos projetos

FONTE: O autor (2019).

#### 4.4.5 Comentários sobre as integrações das metodologias

O último bloco de perguntas aborda as integrações apresentadas neste capítulo, em conjunto com as necessidades adicionais para um ciclo de projetos de barragens de rejeitos. O objetivo é entender se o modelo pode ser aplicado e quais os elementos que podem ser inseridos para melhorar a gestão dos projetos de barragens de rejeitos na indústria de mineração brasileira.

O primeiro item de discussão refere-se a potenciais lacunas nas integrações, e como poderiam ser aplicadas. Neste ponto deixou-se em aberto para a discussão

e as respostas foram as mais variadas entre todos do roteiro. Os seguintes temas foram relacionados nessa questão:

- realizar estudos em áreas maiores das necessárias e mapear alternativas possíveis para que quando o projeto avance exista a possibilidade de alterações;
- avaliar a colocação da planta e infraestrutura mais afastada da barragem e montar a infraestrutura necessária;
- identificar desde o início da concepção do projeto maneiras para o reaproveitamento dos rejeitos;
- incluir discussões específicas com especialistas sobre possíveis tecnologias a serem implementadas nas barragens;
- definir com mais clareza o patrocinador do projeto, e criar uma formalidade para a escolha do responsável;
- deve ser incluído um plano de benefícios tangíveis ao projeto, com indicadores de desempenho para cada função.

O segundo item refere-se à utilização de um sistema de portões de aprovações e fases de projeto. Os especialistas mencionam que esta metodologia auxilia a manter o foco nos objetivos do negócio e também auxilia no desenvolvimento e verificação das entregas de cada fase. Foi também citado pela metade dos profissionais entrevistados das empresas que a maturidade destas avaliações de passagem de fase está evoluindo, e que a avaliação do conteúdo está muito mais forte do que a avaliação da forma que é apresentado, ou seja, os documentos estão sendo minuciosamente avaliados. Um dos comentários foi que a empresa não está apenas se preocupando com o “*check-the box*”, que significa que não avalia apenas se foi entregue algum documento, mas também está verificando o seu conteúdo.

Finalmente durante a entrevista foram discutidos potenciais elementos que poderiam ser incluídos no modelo de gestão de projetos de barragem de rejeitos e o principal foi de focar no licenciamento ambiental desde o início do projeto, e se preocupar com opções para o planejamento e execução. E isto deve ser feito com o apoio da diretoria executiva e conselho da empresa. É importante também que seja feita uma análise de valor do projeto para a possível reutilização dos materiais das

barragens. Foi ainda mencionado que seja avaliado se realmente é necessária uma barragem de rejeitos, ou se há alguma outra alternativa viável para o *business case*.

#### 4.4.6 Exemplos e oportunidades futuras para barragens de rejeitos

Após os quatro blocos de perguntas ainda foram discutidos com os profissionais alguns exemplos de projetos em que estavam envolvidos e também oportunidades futuras para as barragens de rejeitos. O objetivo é entender a visão dos experts com relação ao futuro dos projetos com este escopo.

Em dois casos há projetos em andamento para a instalação de um filtro prensa que pode diminuir a quantidade de rejeitos despejados na barragem, o que diminui consideravelmente os riscos da barragem já que ela seria a seco e não em lama. Em outros casos se avalia a possibilidade de cada vez mais fazer o reaproveitamento da água das barragens, além de projetos para o reaproveitamento do material existente.

Um ponto levantado por todos é que a água das barragens também pode, e deve, ser cada vez mais reaproveitada. Durante as entrevistas constatou-se que pelo menos 80% da água das barragens é reutilizada, o que diminui sensivelmente a área necessária para o depósito dos rejeitos em lama.

Em 100% dos casos as empresas estão preocupadas com as barragens de rejeitos, e um projeto com este escopo deve ser muito bem avaliado, e quanto mais tecnologia for inserida melhor para a empresa e comunidade.

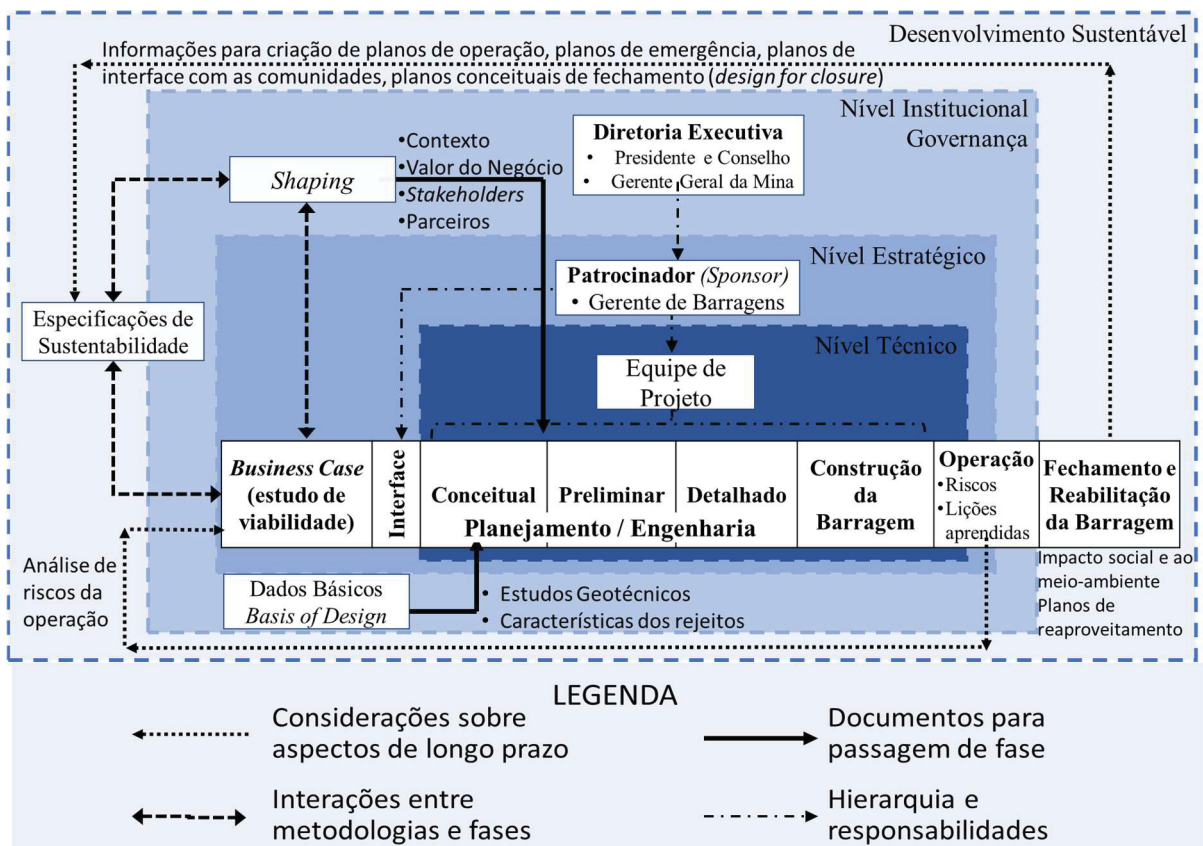
## 5 MODELO HÍBRIDO

*Planejar sem agir é fútil, e agir sem planejar é fatal.*<sup>6</sup>

Com base nas informações coletadas na revisão de literatura, em conjunto com as integrações realizadas e com a consulta a especialistas sobre o tema de barragens de rejeitos, este capítulo apresenta o modelo híbrido para a gestão deste escopo dentro da indústria de mineração brasileira, desenvolvido nesta pesquisa.

O modelo mostrado na FIGURA 24 foi criado utilizando tanto uma abordagem *hard* do pensamento sistêmico como uma abordagem *soft*, utilizando a metodologia SSM, para complementar as lacunas encontradas na abordagem *hard*.

FIGURA 24 – MODELO HÍBRIDO PARA GESTÃO DE PROJETOS EM BARRAGENS DE REJEITOS



FONTE: O autor (2019)

Primeiramente pode-se perceber no modelo a visão de todo o ciclo de vida de um projeto de barragens, que vai desde a sua concepção, com uma avaliação do valor e necessidade do negócio, até considerações do seu fechamento e sua

<sup>6</sup> Cornelius Fitchner – PMP, Gerente de Projetos suíço, atuando nos Estados Unidos; desenvolvedor do site <<http://www.cornelius-fichtner.com/>>

reabilitação. Esta visão completa considera aspectos que vão além do final da construção e inclui fatores da operação e da pós-operação. Além disso permite que as decisões sejam tomadas de maneira assertiva ao início do projeto para que se reduzam os riscos e impactos no longo prazo.

As especificações de sustentabilidade são avaliadas como base para a tomada de decisões, podendo ser realizado por meio da metodologia PRiSM. A sua interação com os processos iniciais do projeto, como o *business case* e o *shaping*, são realizadas de maneira compartilhada no processo. Isto é, o detalhamento de um processo pode interferir nas avaliações do outro, o que ocasiona uma necessidade de reavaliação da situação atual. Nestes casos se utiliza da perspectiva de análise *soft* para os projetos, pois as condições do ambiente, da legislação, dos *stakeholders* continua em constante mudança à medida que o projeto avança para as suas próximas fases. Adicionalmente, uma correta abordagem para o desenvolvimento sustentável requer que informações dos potenciais impactos sociais e ambientais de todo o ciclo da barragem de rejeitos sejam avaliadas e incluídas nos planos do projeto. Este planejamento é conhecido como *design for closure*, ou planejamento para o fechamento (GARBARINO et al., 2018).

Outra informação do ciclo de vida que é de extrema relevância para as fases iniciais, mais especificamente para o desenvolvimento do *business case*, é o levantamento dos potenciais riscos que podem ocorrer nas operações, além de uma discussão sobre as lições aprendidas em outras barragens. Esta identificação e correto tratamento podem gerar cenários para auxiliar o projeto a desenvolver padrões e sistemas que serão utilizados na operação das barragens, após a sua entrega. Adicionalmente, uma avaliação correta de riscos pode gerar necessidades de mitigação da ocorrência ou do impacto, fazendo remoções de residências ou preparando uma proteção adicional em caso de ruptura. Estes escopos adicionais e de infraestrutura devem ser planejados desde o início do projeto e devem compor a análise financeira e econômica do projeto como um todo. Em resumo, os riscos levantados são transformados em valores monetários para serem inseridos no *business case*.

No nível institucional, ou de governança da empresa, a diretoria executiva é representada pelo conselho de administração, presidente e o gerente da mina. Estas funções são responsáveis pela conceitualização e levantamento das necessidades do projeto, até a fase de operações. São também responsáveis pelo *shaping*, ou



seja, por entender o contexto do projeto e o valor do negócio, além de relacionar-se com todos os *stakeholders* do projeto, como mostrado na FIGURA 23, além de desenvolver os parceiros potenciais.

No nível institucional ainda aparece o levantamento dos dados básicos para o projeto. Esta informação serve de base para o desenvolvimento do planejamento e da engenharia do projeto e inclui dados geotécnicos, geológicos, caracterização e classificação do rejeito, além de condições e características locais como condições climáticas, topográficas, de comunidades, fundiária, meio-ambiente entre outras.

No nível estratégico aparece o *sponsor* do projeto, que é a função usualmente assumida pelo gerente de barragens, e este será responsável por fazer a interface entre o nível institucional e o nível técnico. Suas atribuições incluem a validação do projeto perante a alta administração, atuando como um verificador (*checker*), mas também em entender as necessidades do negócio a partir de um *business case* preparado com informações de longo prazo. É ainda responsabilidade do *sponsor* informar aos responsáveis pelas atividades do *shaping* caso algo tenha alterado no planejamento, pois pode ser que o valor do negócio seja alterado, ou novos *stakeholders* devam ser inseridos na análise.

No nível técnico está basicamente o ciclo de vida do projeto, sob responsabilidade da equipe do projeto. Neste nível são preparados os planos conceituais, preliminares ou básicos, e os detalhados, em cada uma das dez áreas de conhecimento em projetos (PMI INC., 2017a). Estes planos são preparados com base na informação de dados básicos, como os estudos geotécnicos e análise do material de rejeito, e também com as premissas do negócio inseridas no *business case* e no *shaping*. O processo de licenciamento da barragem também ocorre nesta fase e varia para cada local e região, mas é de extrema importância para o início da construção.

Para o ciclo de vida do projeto da barragem, com seus elementos de pré-projeto e pós-projeto, são necessárias entradas e saídas principais, além de ter um responsável pelas atividades. Esta relação resumida é mostrada no QUADRO 11. Não são apresentados todos os documentos relativos a cada fase, pois há um detalhamento bastante grande dentro das metodologias existentes nas empresas. O objetivo é mostrar um resumo de como deve ser o fluxo de trabalho a ser seguido na metodologia de gestão de projetos proposta.

QUADRO 11 – PRINCIPAIS RESPONSÁVEIS, ENTRADAS E ENTREGAS PARA CADA FASE DO CICLO DE VIDA DO PROJETO DE BARRAGENS (continua)

Fase do Ciclo de Vida e Nível	Responsáveis	Entradas principais	Entregas principais
Pré-Projeto – Nível Institucional e Desenvolvimento Sustentável	Centro de excelência em projetos e/ou diretoria estratégica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planos de expansão da empresa</li> <li>Premissas e restrições operacionais</li> <li>Plano diretor da planta, especialmente o plano de mina (DITR, 2007)</li> <li>Informações do contexto e ambiente</li> <li>Lições aprendidas com acidentes em barragens (BIANCHI et al., 2016; KUPERMAN; MORETTI, 2017)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alternativas para diminuição de rejeitos</li> <li>Potenciais locais para barragens (GARBARINO et al., 2018)</li> <li>Entregas preliminares do <i>Shaping</i> (MERROW, 2011) <ul style="list-style-type: none"> <li>Lista de <i>stakeholders</i></li> <li>Plano de financiamento</li> <li>Potenciais parceiros do negócio</li> </ul> </li> <li>Levantamento dos dados básicos</li> <li>Avaliação de impactos socioeconômicos e ambientais (GARBARINO et al., 2018)</li> <li>Considerações do fechamento e reabilitação (GARBARINO et al., 2018)</li> </ul>
<i>Business Case</i> – Nível Estratégico	Centro de excelência em projetos ou diretoria estratégica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alternativas tecnológicas de disposição de rejeitos</li> <li>Aspectos de sustentabilidade PRISM (GPM GLOBAL, 2012)</li> <li>Análise de <i>shaping</i> (MERROW, 2011)</li> <li>Terrenos e áreas disponíveis</li> <li>Requisitos de manuais internos, normas e leis vigentes e códigos de ética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise de Viabilidade do projeto de barragem, incluindo: <ul style="list-style-type: none"> <li>Custo da barragem - construção e operação (GARBARINO et al., 2018)</li> <li>Obras de infraestrutura e adicionais</li> <li>Provisionamento para fechamento e reabilitação (DITR, 2007)</li> </ul> </li> <li>Estudos preliminares das alternativas tecnológicas</li> <li>Levantamento preliminar de riscos do negócio e principais modos de falhas operacionais (DITR, 2007)</li> <li>Plano de licenciamento ambiental</li> <li>Identificação de obras adicionais de infraestrutura ao projeto de barragem</li> <li>Critérios de sucesso para o negócio</li> </ul>

QUADRO 11 – PRINCIPAIS RESPONSÁVEIS, ENTRADAS E ENTREGAS PARA CADA FASE DO CICLO DE VIDA DO PROJETO DE BARRAGENS

(continuação)

Fase do Ciclo de Vida e Nível	Responsáveis	Entradas principais	Entregas principais
Interface – Nível Estratégico	Patrocinador (BARSHOP, 2016) – representado pelo Gerente de Barragens (ROBERTSON, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Business Case</i> aprovado (AXELOS, 2017)</li> <li>- Disponibilidade da equipe</li> <li>- Critérios de sucesso para o negócio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recursos necessários ao projeto</li> <li>- Equipe núcleo de projeto formada (MERROW, 2011), incluindo equipe geotécnica qualificada (PRISCU, 2017): <ul style="list-style-type: none"> <li>o <i>Competent person</i></li> <li>o <i>Engineer of record</i></li> </ul> </li> <li>- Planos de <i>reporting</i> e controles para o corporativo</li> <li>- Critérios de sucesso do projeto</li> </ul>
Engenharia Conceitual – Nível Técnico	Equipe do Projeto com apoio do centro de excelência de projetos e equipe geotécnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objetivos do projeto</li> <li>- Estudos das alternativas tecnológicas de disposição de rejeitos</li> <li>- Dados básicos (MERROW, 2011), incluindo: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Critérios de desenho (DITR, 2007)</li> <li>o Caracterização do rejeito (GARBARINO et al., 2018)</li> <li>o Dados geotécnicos e do material da barragem (GARBARINO et al., 2018)</li> <li>o Estudos da geologia do local (KUPERMAN; MORETTI, 2017)</li> </ul> </li> <li>- <i>Stakeholders</i> impactados</li> <li>- Lições aprendidas de outros projetos de barragens (DITR, 2007)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projetos conceituais de alternativas tecnológicas viáveis e sustentáveis da barragem (DITR, 2007)</li> <li>- Seleção de apenas um escopo dentre as alternativas (MERROW, 2011),</li> <li>- Áreas impactadas pelas barragens</li> <li>- Planejamento conceitual das obras adicionais de infraestrutura</li> <li>- Documentos para fundamentar o licenciamento ambiental</li> <li>- Planos conceituais de operação, de fechamento e reabilitação da barragem</li> <li>- Quantificação de riscos operacionais</li> </ul>

QUADRO 11 – PRINCIPAIS RESPONSÁVEIS, ENTRADAS E ENTREGAS PARA CADA FASE DO CICLO DE VIDA DO PROJETO DE BARRAGENS (continuação)

Fase do Ciclo de Vida e Nível	Responsáveis	Entradas principais	Entregas principais
Engenharia Preliminar ou Básica – Nível Técnico	Equipe do Projeto com apoio do time de construção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planejamento e engenharia conceitual do projeto (DITR, 2007)</li> <li>- Conclusão dos elementos de dados básicos e de <i>shaping</i> (MERROW, 2011), principalmente com parceiros e valor para o negócio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planejamento preliminar de todas as áreas de projetos (PMI INC., 2016, 2017a) com foco na construção, tanto da barragem como de infraestrutura</li> <li>- Estudos geotécnicos e geológicos finalizados para a construção</li> <li>- Sequenciamento construtivo preliminar da barragem</li> <li>- Planos de ação para as condicionantes ambientais e sociais</li> <li>- Manual preliminar de operação, de fechamento e reabilitação da barragem</li> <li>- Planos de ação para a mitigação ou eliminação de riscos operacionais de alta probabilidade e/ou impacto - emergência</li> </ul>
Engenharia Detalhada – Nível Técnico	Equipe do Projeto com apoio de contratadas especializadas de construção e operação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Engenharia e planejamento preliminar completos em todas as áreas de conhecimento</li> <li>- Licenciamento ambiental aprovado</li> <li>- Lições aprendidas de outros projetos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificação do trabalho para a fase de construção</li> <li>- Engenharia detalhada (<i>Design for closure</i>) para barragem, infraestrutura e obras adicionais (GARBARINO et al., 2018)</li> <li>- Critérios de medição para a construção</li> <li>- Planos de emergência para construção e operação desenvolvidos</li> <li>- Manual de operação, de fechamento e reabilitação da barragem atualizados</li> <li>- Sequenciamento construtivo detalhado</li> </ul>

QUADRO 11 – PRINCIPAIS RESPONSÁVEIS, ENTRADAS E ENTREGAS PARA CADA FASE DO CICLO DE VIDA DO PROJETO DE BARRAGENS (conclusão)

Fase do Ciclo de Vida e Nível	Responsáveis	Entradas principais	Entregas principais
Construção – Nível Técnico	Equipe do Projeto com apoio da equipe de operações	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenhos e especificações detalhadas de construção</li> <li>- Empresas contratadas selecionadas</li> <li>- Planos de controle de qualidade e de inspeções</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Barragem construída</li> <li>- Planos de monitoramento</li> <li>- Planos realizados para expansões e sequenciamento</li> <li>- Infraestrutura e obras adicionais finalizadas conforme plano</li> <li>- Obras de mitigação de riscos entregues</li> <li>- Lições aprendidas da construção e desenhos <i>as-built</i> (DITR, 2007)</li> </ul>
Operação – Nível Estratégico e Institucional	Equipe de operações com o apoio dos níveis estratégico e institucional, incluindo o <i>sponsor</i> do projeto e a alta administração da empresa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planos de operação da barragem</li> <li>- Planos de controle e monitoramento da barragem</li> <li>- Planos de emergência finalizados e divulgados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicação de tecnologias para monitoramento e inspeções, especialmente da estabilidade da barragem</li> <li>- Gestão de mudanças durante o longo ciclo de vida (DITR, 2007; PRISCU, 2017)</li> <li>- Atualização dos planos de fechamento e reabilitação</li> </ul>
Fechamento e Reabilitação – Nível institucional e desenvolvimento sustentável	Nova equipe de projeto com apoio estratégico e institucional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planos de fechamento e reabilitação</li> <li>- Levantamento dos riscos da barragem inativa (DITR, 2007)</li> <li>- Provisionamento financeiro para fechamento e reabilitação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Barragem e infraestrutura seguras</li> <li>- Planos de ação emergencial</li> <li>- Ambiente reabilitado para uso</li> <li>- Procedimentos para monitoramento contínuo da área</li> </ul>

FONTE: o Autor (2019)

O QUADRO 11 mostra uma relação resumida dos documentos de entrada e as entregas de cada uma das fases do ciclo de vida de um projeto de maneira abrangente, incluindo as fases de pré-projeto, operação e fechamento da barragem. Adicionalmente, na segunda coluna, são mostrados os principais responsáveis por cada uma das fases, com os principais apoiadores. As referências são também indicadas nos principais documentos, sendo que vários pontos foram também levantados durante as entrevistas com os especialistas das empresas.

A primeira linha da tabela mostra a fase do pré-projeto, que está no nível institucional e do desenvolvimento sustentável. A diretoria estratégica, ou um centro corporativo de excelência em projetos, é o responsável pelas ações desta fase. As ações englobam os estudos do *shaping*, as análises de longo prazo do desenvolvimento sustentável, podendo ser utilizada a metodologia PRiSM como base, além de incluir o levantamento dos dados básicos. As principais entradas relacionam-se com os objetivos do negócio e planos estratégicos de expansão da empresa. Além disso devem ser utilizadas as lições aprendidas de outras barragens, incluindo os estudos de acidentes e incidentes. Uma primeira entrega desta fase é uma avaliação de alternativas para a diminuição do rejeito em barragens, ou de outras rotas tecnológicas, como uso de rejeitos a seco ou reaproveitamento de material. Estas alternativas poderão diminuir sensivelmente a necessidade de uma barragem para rejeitos, e consequentemente os riscos. Outras entregas da fase incluem alternativas para o local das barragens além de estudos preliminares dos elementos do *shaping*, como lista de *stakeholders*, potenciais parceiros de negócio e um plano de financiamento. A avaliação dos impactos socioeconômico e ambiental deve ser realizada, considerando a fase de fechamento e reabilitação da mina. Nesta fase também são iniciados os trabalhos de levantamento dos dados básicos para o projeto, que serão utilizados com mais detalhes durante a engenharia conceitual da barragem. Esses dados básicos incluem considerações chave para a caracterização física e química dos rejeitos, além de dados do entorno da barragem e da produção do minério (DITR, 2017).

A próxima fase é a do desenvolvimento do *business case*, que em algumas empresas é representado pela fase de FEL 1. Está no nível estratégico, ou seja, é preparado também por um centro corporativo, como indicado pela metodologia PRINCE2®, que pode ser representado pela alta administração da empresa incluindo o gerente da mina. São avaliadas as alternativas tecnológicas para

disposição de rejeitos em conjunto com os aspectos de sustentabilidade e da análise de *shaping* do projeto, que incluem os terrenos e áreas disponíveis. Os planos são baseados nos requisitos e manuais internos da empresa, e também nas leis vigentes e códigos de ética. O resultado desta fase é uma análise de viabilidade abrangente do projeto de barragem, incluindo não somente os custos de construção e operacional, mas todas as obras adicionais e de infraestrutura, além de um provisionamento para o fechamento e reabilitação da barragem ao final de sua vida útil. São também realizados levantamentos preliminares de riscos e de principais modos de falha de uma barragem. Em algumas empresas esse estudo de modos de falha é chamado *dam break*, ou seja, quais os possíveis eventos que podem causar a falha da barragem. Nesta fase é iniciado também o plano para o licenciamento ambiental de todo o projeto e são definidos os critérios de sucesso para o negócio.

A interface entre o nível estratégico e o nível técnico é realizado pelo patrocinador (*sponsor*) selecionado ao projeto, usualmente sendo um gerente de barragens em conjunto com um comitê corporativo. Nesta fase é avaliado o *business case* preparado e verificada a disponibilidade de recursos que serão alocados ao projeto. O principal resultado da fase é a definição da equipe núcleo do projeto. Também nesta fase são estabelecidos os critérios de sucesso do projeto, os quais devem ser seguidos pela equipe. Merrow (2011) menciona que a equipe do projeto deve estar integrada a partir desse momento e contar com as funções núcleo do projeto, como o gerente do projeto, o gerente de engenharia e sua equipe, o gerente de construção, os representantes da operação, além de pessoal qualificado para as funções de geologia, geotécnica, hidrogeologia e outros (DITR, 2007). De acordo com Priscu (2017), existem ainda funções específicas de extrema importância para um projeto como o de barragens, sendo o *competent person*, que é qualificado para os assuntos da extração mineral e depósitos de um minério específico, e um *engineer of record*, que é responsável por manter atualizado todo o projeto e as respectivas alterações durante as fases de planejamento, construção e operações.

A primeira fase de responsabilidade direta da equipe de projeto é o da engenharia conceitual, onde será escolhido e detalhado o escopo do projeto dentre as alternativas apresentadas. Esta fase conta com um forte apoio do centro de excelência em projetos e da equipe de geologia e geotécnica. Os objetivos do projeto, as alternativas estudadas, juntamente com os dados básicos serão a base para o planejamento e engenharia conceitual do projeto, também conhecido como o



FEL 2 na indústria de extração mineral. Documentos de suporte aos estudos incluem uma lista de *stakeholders* impactados e também de lições aprendidas de outros projetos. A entrega principal para esta fase é a definição de apenas um escopo para o projeto dentre as alternativas estudadas. O escopo final descreve o melhor método para disposição do material, opções de desenhos para a parede de contenção, controle de infiltração, gestão da água da barragem, controle de poeira, além do fechamento e reabilitação (DITR, 2017). Estas definições devem ser baseadas não somente em aspectos técnico-econômicos, mas também nos elementos da sustentabilidade e impacto do entorno. Outras entregas incluem o planejamento conceitual das obras adicionais de infraestrutura, o detalhamento dos documentos para fundamentar o licenciamento ambiental e os planos conceituais de operação, fechamento e reabilitação da barragem. Estes documentos auxiliarão na quantificação dos riscos operacionais, que devem ser considerados nas fases de planejamento de um projeto de barragem de rejeitos.

A fase seguinte, da engenharia preliminar ou básica, também chamada de FEL 3 na indústria de mineração, continua sob responsabilidade da equipe de projeto, no entanto agora com o apoio mais forte do time de construção. Os documentos de entrada principal são da engenharia conceitual preparados na fase anterior, em conjunto com o fechamento das análises de *shaping* e dos dados básicos. Esta fase pretende entregar o planejamento preliminar de todas as dez áreas de conhecimento do projeto com foco na construção da barragem e infraestrutura, além dos planos de ação para as condicionantes ambientais e sociais previstos no licenciamento ambiental. Também é preparado o sequenciamento construtivo da barragem, desde sua fase inicial até as fases posteriores durante a operação. É também criado um manual preliminar de operação, fechamento e reabilitação da barragem, com o apoio do pessoal de operações, além de ser desenvolvido planos de emergência para situações de alto risco e alta probabilidade. Estes planos são desenvolvidos tanto para a construção como para as operações e após a reabilitação.

O desenvolvimento da engenharia de detalhes é a fase seguinte, ainda executada pela equipe de projetos e nesse momento com um apoio das empresas especializadas na construção e nas operações. A definição do escopo e o avanço do planejamento realizado na etapa anterior, além do licenciamento aprovado e as lições aprendidas em construções são os principais documentos de entrada. As

principais entregas são a engenharia detalhada, com a especificação de trabalho da construção e do sequenciamento construtivo, com um foco para o *design for closure* da barragem, incluindo a infraestrutura e as obras adicionais. Também são desenvolvidos os critérios de medição para a construção e os planos de inspeção das empresas a serem contratadas para a próxima fase. Os planos de emergência são finalizados, assim como o manual para operação e fechamento são atualizados com as informações da engenharia de detalhe.

A fase de construção da barragem é a última com responsabilidade direta da equipe do projeto e que está ainda no nível técnico. Neste ponto já é de extrema importância o envolvimento do pessoal de operações, pois após a entrega do projeto a responsabilidade ficará com esta equipe. Os principais documentos que devem estar finalizados para o início da fase são os desenhos e especificações detalhadas juntamente com os planos de controle de qualidade e de inspeções. As empresas também devem estar selecionadas a partir dos critérios desenvolvidos na fase anterior. A principal entrega é a barragem construída e pronta para ser utilizada pela equipe de operações. Adicionalmente à barragem, devem estar finalizados os escopos das obras adicionais e da infraestrutura, além de eventuais obras para mitigação de riscos. Devem ser entregues também os planos de expansão e o sequenciamento da barragem, que acontecerá durante as operações. Também devem estar prontos os planos de monitoramento da barragem, juntamente com todos os desenhos que mostram como está construída (*as-built*).

Na fase de operações a responsabilidade é da equipe de operações, mas no início com um apoio da equipe de projetos com respeito a entrega do projeto e a fase conhecida como prontidão operacional nas empresas. Os documentos principais que devem ser entregues pelo projeto incluem o plano de operação, controle e monitoramento da barragem, além dos planos de emergência preparados e divulgados. Nesta fase acontece a aplicação das tecnologias instaladas pelo projeto, e que serão utilizadas para o monitoramento e inspeções, especialmente a estabilidade da barragem. A gestão de mudanças deve acontecer durante o longo ciclo de vida e a atualização dos planos de fechamento e reabilitação. Apesar desta fase não estar majoritariamente dentro do escopo de trabalho da equipe de projetos, as informações coletadas são utilizadas como base para os futuros projetos.

A última fase neste ciclo de vida da barragem inclui o fechamento e a reabilitação da barragem e da área, mas que devem ser planejados desde a

concepção do projeto. O levantamento dos riscos da barragem inativa e o provisionamento financeiro para esta fase também são elementos que já devem ser planejados pelo projeto em suas fases iniciais. As entregas incluem a barragem e toda a infraestrutura seguras, estáveis e sem contaminantes, com pouca necessidade de manutenção (DITR, 2007). São também finalizados os planos de ação emergenciais, baseados nos dados levantados durante o projeto. Outros documentos relevantes são os procedimentos para o monitoramento contínuo da área, mesmo inativa. Uma barragem de rejeitos que é planejada e mantida de maneira deficiente gera um aumento de custos e maiores riscos de saúde e segurança no seu fechamento (DITR, 2007), por isso a importância de se incluir essa discussão no início do ciclo de vida do projeto.

Finalmente é importante mencionar que entre cada fase do modelo existe um sistema para aprovação das entregas realizadas, também conhecida como portões de aprovação ou *stage-gates* (BARSHOP, 2016; COOPER et al., 2016; MERROW, 2011). Estas avaliações podem ocorrer como descrito no PRINCE2® (AXELOS, 2017), onde o corporativo avalia cada estágio e mede a maturidade das entregas antes de se passar à próxima fase, o que diminui os riscos para mudanças. Para os projetos de barragens de rejeitos, que estão inseridas em um ambiente tão complexo e com diversas variáveis e potenciais riscos, podem existir ainda análises externas e independentes ao projeto para que se assegure que estejam sendo utilizadas as melhores práticas e procedimentos para o projeto e construção (KUPERMAN; MORETTI, 2017; ROBERTSON, 2017).

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

*Plan for what is difficult while it is easy, do what is great while it is small.*<sup>7</sup>

Esta pesquisa atendeu aos objetivos específicos e ao objetivo geral propostos. Primeiramente foram investigadas as metodologias e práticas da gestão de projetos por meio de uma revisão de literatura em bases de dados de artigos científicos, teses e dissertações. Essa investigação gerou uma integração entre as principais características de cada metodologia, além de ter apoiado o desenvolvimento das questões para as entrevistas. O principal resultado da integração é apresentado no QUADRO 2, além das integrações representadas pelas FIGURA 21 e FIGURA 22.

Em seguida foram identificadas as principais características dos projetos de barragens de rejeitos, mostrando a sua relevância e importância na indústria de extração mineral brasileira. Identificou-se que as “barragens não são seguras, elas estão seguras” (ABRÃO, 2017), e que a classificação de risco pode mudar ao longo do tempo. A justificativa de um modelo para gestão de projetos em barragens de rejeito se fortaleceu com a ruptura da barragem de Brumadinho no início do ano de 2019, ocasionando mais um desastre socioambiental.

O terceiro objetivo específico foi concluído com a avaliação do uso das metodologias existentes em projetos de barragens de rejeitos nas grandes empresas brasileiras por meio de entrevistas com especialistas. As informações obtidas foram valiosas e as discussões abrangeram fatores do ciclo de vida tradicional do projeto e também fatores externos. Para que o resultado fosse alcançado foi elaborado um questionário semi-estruturado desenvolvido a partir da revisão de literatura além do apoio de um especialista em uma entrevista em caráter piloto. Os principais resultados foram incluídos no trabalho e apoiaram na definição do modelo híbrido.

Finalmente o objetivo geral do trabalho foi atingido, com a apresentação de uma proposta de um modelo híbrido para gestão de projeto de barragens de rejeitos. O modelo integra características de cada uma das metodologias apresentadas, não possuindo nenhuma metodologia que seja predominante, e essa combinação atende a necessidade de se analisar um projeto de barragem de rejeitos de uma forma abrangente. O modelo consegue incluir, além da parte técnica de avaliação de um

---

<sup>7</sup> Sun Tzu, The Art of War 1000 B.C.E

projeto de barragem de rejeitos, considerações de longo prazo para as complexidades existentes no seu entorno, tanto levantadas pela revisão bibliográfica como pela experiência de cada um dos especialistas.

Verificou-se que não é aceitável gerir um projeto focado apenas em resultados técnicos de operação ou financeiros. Deve-se avaliar, com muitos detalhes, o entorno em que o projeto está inserido e todo o seu contexto ambiental, social, de saúde e segurança. Adicionalmente é essencial uma avaliação de riscos criteriosa para este tipo de projeto, para que ações mitigadoras possam ser tomadas desde a fase de concepção de um projeto de barragem de deposição de rejeitos.

Um outro ponto é que o escopo do projeto não deve incluir somente as barragens, mas também realocações de pessoas, infraestrutura para emergências, monitoramento adicional do entorno, treinamento para situações de emergências, avisos sonoros, planos para mobilização das pessoas do entorno e qualquer outro aspecto necessário para a segurança. Deve-se ainda avaliar os tipos de montagem das barragens, e que a decisão não seja pautada apenas em custo de uma barragem, mas com uma avaliação de risco de longo prazo. Também não é aceitável ter uma análise de risco que aponte alta probabilidade e/ou alto impacto de uma ocorrência e que, por motivos de viabilidade econômica, nada seja feito.

Além disso a equipe de projeto, juntamente com o patrocinador, deve ficar responsável pelos planos de operação de uma barragem, incluindo não somente os padrões operacionais, mas também os planos de emergência, os desenhos preliminares de expansões, desenvolver padrões para o monitoramento e controle da estabilidade da barragem, entre outros. O projeto também já deve incluir um plano de alocação de verbas para o fechamento e reabilitação da barragem. Isto é importante para que não se dependa totalmente de projetos futuros e de que as decisões não sejam negligenciadas posteriormente.

Adicionalmente, o modelo ainda considera a avaliação do reaproveitamento de materiais da barragem, a ser considerado também ao início do planejamento. Já existem tecnologias disponíveis para melhorar o reaproveitamento de materiais, os quais podem auxiliar a diminuir os riscos durante a operação de uma barragem. É importante que no início do projeto sejam avaliadas todas as possibilidades para a diminuição da quantidade de rejeitos. Inovações devem ocorrer para que se diminua a necessidade de barragens, ou que as tecnologias utilizadas sejam mais confiáveis. O modelo híbrido apresentado atende a todas essas necessidades discutidas. O

modelo ainda descreve quais são os principais documentos necessários em cada fase, e apresenta uma lista de entregas esperadas. Todos esses fatores mostram a sua direta aplicação na indústria de extração mineral.

## 6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A pesquisa realizada proporciona oportunidades para trabalhos futuros, tanto na aplicação do modelo, aprimoramento e expansão do escopo apresentado, e também utilização da metodologia para o desenvolvimento do modelo em outra indústria.

Uma primeira possibilidade é a aplicação do modelo híbrido em um estudo de caso para um projeto de barragem de rejeitos. Idealmente o estudo de caso deveria ser aplicado ao início do projeto, durante as considerações iniciais, para que possam ser avaliadas as integrações entre todos os níveis de desenvolvimento sustentável, institucional, estratégico e técnico. No entanto, devido a limitações de tempo para este tipo de escopo o estudo de caso pode também ser utilizado em qualquer umas das etapas. Para isso podem ser verificados se realmente todos os estudos propostos são inseridos nas considerações de cada fase, e como eles são analisados pelos níveis estratégicos e institucionais da empresa.

É possível aprimorar o modelo híbrido apresentado, incluindo detalhes de cada fase, criando manuais ou procedimentos específicos. Também é possível pesquisar com mais detalhes a necessidade das equipes de projetos e equipes de suporte em cada uma das fases para um projeto de barragens de rejeitos. Um estudo mais detalhado dos responsáveis por cada um dos níveis apresentados é uma outra possibilidade, com a apresentação em detalhes da função do *sponsor* e ou da alta administração da empresa para um projeto de barragens de rejeitos.

Ainda na discussão dos níveis estratégico e institucional, é possível seguir a metodologia apresentada neste trabalho e identificar elementos e fatores importantes para os representantes e responsáveis por cada uma das etapas. A pesquisa de campo pode ser expandida incluindo outros *stakeholders* dos projetos.

Apesar do modelo apresentado estar restrito à indústria de mineração e ao escopo proposto, ele pode ser adaptado para outros tipos de projetos complexos com características similares. A análise do conteúdo teórico em conjunto com a metodologia SSM apresentada no trabalho permite que os passos sejam seguidos

para outro tipo de escopo dentro da indústria de extração mineral ou também em outra indústria importante ao desenvolvimento do país.

Existe também a possibilidade de se expandir o modelo e avaliar o ciclo de vida da gestão do produto. Este ciclo de vida pode ser integrado com os estudos de gestão de ativos de uma empresa. Esta maneira de se abordar o problema poderia ser inserido dentro de um processo estratégico de uma empresa, integrando a gestão de projetos com a gestão dos ativos.

Finalmente, as discussões realizadas durante as entrevistas mostram um potencial para trabalhos futuros na área, como:

- tecnologias para reaproveitamento de rejeitos;
- métodos para eliminação de barragens de rejeitos em lama;
- responsabilidades e papel do *sponsor* em um projeto;
- inovação e tecnologia nas operações de uma barragem;
- indústria 4.0 para o monitoramento das barragens de rejeitos;
- envolvimento da área de operações nos projetos;
- sustentabilidade versus rentabilidade em projetos de mineração.



## REFERÊNCIAS

- ABRAMYAN, S. G. **Environmental compliance during construction**. 2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016. **Anais...**Volgograd, Russian Federation: Elsevier Ltd, 2016
- ABRÃO, P. C. **Projeto , Construção e Operação de Barragens de Rejeitos**. II Seminário Gestão de Riscos e Segurança de Barragens de Rejeito. **Anais...**Belo Horizonte - MG: 2017
- ALBERT, M.; BALVE, P.; SPANG, K. Evaluation of project success: a structured literature review. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 10, n. 4, p. 796–821, 2017.
- ALVES, F. Returning to Growth Mining in Brazil. **Brazil Mineral**, n. Special Issue, p. 6, jan. 2018.
- ANM. **DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral**. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/acesso-a-informacao/institucional>>. Acesso em: 8 abr. 2018.
- ANM. **Cadastro Nacional de Barragens de Mineração**. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao>>. Acesso em: 29 jan. 2019a.
- ANM. **Classificação das Barragens de Mineração**. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/classificacao-das-barragens-de-mineracao>>. Acesso em: 29 jan. 2019b.
- ARTETA, C.; STOCKER, M. **Global Economic Prospects. Chapter 1: GLOBAL OUTLOOK Broad-Based Upturn—Will It Last?**, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ABEPRO). **Tabela de Áreas da Engenharia de Produção**. Disponível em: <[www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Áreas da Engenharia de Produção.pdf](http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Áreas da Engenharia de Produção.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2018.
- AXELOS. **Managing Successful Projects with PRINCE2**. 6a. ed. Norwich, UK: TSO (The Stationary Office), 2017.
- AXELOS. **PRINCE2®**. Disponível em: <<https://www.axelos.com/best-practice-solutions/prince2>>. Acesso em: 18 mar. 2018.
- BARSHOP, P. **Capital Projects: What every executive needs to know to avoid costly mistakes and make major investments pay off**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 2016.
- BARSHOP, P.; HARRIES-REES, K. Best practice pays off. **European Chemical News**, v. 79, n. 2081, p. 16–17, 2003.
- BASTIANELLI, L. A. et al. **Construction Practice: Project Development and Strategies for Success**: Berkeley Research Group.Pittsburgh, PA, 2012.

BBC. **Brumadinho: O que se sabe sobre o rompimento de barragem que matou ao menos 115 pessoas em MG.** Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47002609>>. Acesso em: 4 fev. 2019.

BECHTEL, B. **ENR 2016 Global Construction Summit Keynote Address: Looking to the Future.** New York City: 2016

BESNER, C.; HOBBS, B. Project Management Practice, Generic or Contextual: A Reality Check. **Project Management Journal**, v. 39, n. 1, p. 16–33, 2008.

BIANCHI, M. et al. The tailings dam failure of 5 November 2015 in SE Brazil and its preceding seismic sequence. p. 4929–4936, 2016.

BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES (BDTD). **Página Inicial.** Disponível em: <<http://bdtd.ibict.br/vufind/>>. Acesso em: 17 mar. 2018.

BOARDMAN, J. T. A process model for unifying systems engineering and project management. **Engineering Management Journal**, v. 4, n. 1, p. 25, 1994.

BONNIE, E. **The Beginner's Guide to Project Management Methodologies.** Wrike, 2014.

BOSSINK, B. **Managing environmentally sustainable innovation: Insights from the construction industry.** VU University Amsterdam, Netherlands: Taylor and Francis, 2012.

BRAHM, F.; TARZIÁN, J. Does complexity and prior interactions affect project procurement? Evidence from mining mega-projects. **International Journal of Project Management**, v. 33, n. 8, p. 1851–1862, 2015.

BRASIL MINERAL. **As Maiores empresas brasileiras de mineração.** Disponível em: <<http://www.brasilmineral.com.br/revista/363/>>. Acesso em: 1 abr. 2019.

BRAZIL POTASH. **Brazil Potash Project Highlights.** Disponível em: <<https://www.brazilpotash.com/project/>>. Acesso em: 8 abr. 2018.

BREWSTER, N.; FETH, M. **Boston Consulting on mining 's next supply wave.** Disponível em: <<http://www.mining-journal.com/investment/news/1315577/boston-consulting-on-mining's-next-supply-wave#kre-comments-container>>. Acesso em: 1 mar. 2018.

BRIOSIO, X. Integrating ISO 21500 Guidance on Project Management, Lean Construction and PMBOK. **Procedia Engineering**, v. 123, p. 76–84, 2015.

BRUM, W. F. **Aplicação de Metodologias de Desenvolvimento de projetos para Aumento da Produção de Concentrados de Minério.** Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

BRUNDTLAND, G. H. **Our common future. Report of the World Commission for Environment and Development** Oxford, 1987.

CARBONI, D. J. B. et al. **Sustainable Project Management: The GPM Reference**

**Guide**. 2nd. ed. Novi, MI: 2018.

CARDOZO, F. C.; PIMENTA, M. M.; ZINGANO, A. C. Métodos Construtivos de Barragens de Rejeitos - Uma Revisão. **HOLOS**, v. 8, p. 77–85, 2016.

CARVALHEIRO, L. C. A. **Introdução a Barragens**. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/introducao-barragens>>. Acesso em: 8 abr. 2018.

CARVALHO, B. C. L. DE. **Aproveitamento de minérios de ferro de baixo teor: tendências, tecnologias utilizadas e influências no sequenciamento de lavra**. Universidade Federal de Ouro Preto, 2012.

CHECKLAND, P. **Systems Thinking, Systems Practice**. Chichester: Wiley, 1981.

CHECKLAND, P. Soft Systems Methodology: A Thirty Year Retrospective. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 17, n. 1, p. S11–S58, 2000.

CHECKLAND, P.; POULTER, J. **Learning for action: a short definitive account of soft systems methodology and its use for practitioner, teachers, and students**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2006.

CHECKLAND, P.; SCHOLLES, J. **Soft Systems Methodology in Action**. Chichester: Wiley, 1990.

CHOMA, A. **FEL e as Práticas de Gates para Projetos de Capital**. Special Day Mundo PM - Projetos de Infraestrutura e Construção. **Anais...2010**

CHRISTMANN, P. Towards a More Equitable Use of Mineral Resources. **Natural Resources Research**, v. 27, n. 2, p. 159–177, 2018.

CLERECUZIO, C. A.; LAMMERS, P. **Front End Loading: Myths and Misconceptions**. ECC Conference. **Anais...ECC**, 2003

CNRH. **Resolução CNRH no 143** BrasíliaMinistério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos, , 2010.

COLLINS, W.; PARRISH, K.; EDWARD GIBSON, G. **Comparison of Front End Planning Practices for Small and Large Industrial Construction Projects**. (P.-R. J.L. et al., Eds.)Construction Research Congress. **Anais...Auburn, AL, United States: American Society of Civil Engineers (ASCE)**, 2016

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA ARQUITETURA E AGRONOMIA (CONFEA). **Matriz de Conhecimento da Engenharia de Produção (Anexo II - Resolução 1010/05 CONFEA)**. Disponível em: <[www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Matriz de Conhecimento - CREA's.pdf](http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Matriz%20de%20Conhecimento%20-%20CREA's.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2018.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE (CII). **Front End Planning (Best Practice)**. Disponível em: <<https://www.construction-institute.org/resources/knowledgebase/knowledge-areas/project-planning/topics/rt-113>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

COOKE-DAVIES, T. The “real” success factors on projects. **International Journal of Project Management**, v. 20, n. 3, p. 185–190, 2002.

COOPER, R. G. Stage-gate systems: A new tool for managing new products. **Business Horizons**, v. 33, n. 3, p. 44–54, maio 1990.

COOPER, R. G. et al. Optimizing the Stage-Gate Process: What Best-Practice Companies Do – I. v. 6308, n. September, p. 20–27, 2016.

COOPER, R. G. Idea-to-Launch Gating Systems: Better, Faster, and More Agile. **Research-Technology Management**, v. 60, n. 1, p. 48–52, 2017.

CORDER, G. D. Insights from case studies into sustainable design approaches in the minerals industry. **Minerals Engineering**, v. 76, p. 47–57, 2015.

CORDER, G. D.; MCLELLAN, B. C.; GREEN, S. Incorporating sustainable development principles into minerals processing design and operation: SUSOP®. **Minerals Engineering**, v. 23, n. 3, p. 175–181, fev. 2010.

CRETI, A.; JOËTS, M.; MIGNON, V. On the links between stock and commodity markets’ volatility. **Energy Economics**, v. 37, p. 16–28, 2013.

CROSBY, P. Shaping complex mega-projects: practical steps for success\*. **Australian Journal of Civil Engineering**, v. 15, n. 1, p. 1–19, 2017.

CRUZ, F. O **Método Prince2**. Disponível em: <<http://www.fabiocruz.com.br/oprince2/>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

CURRY, A. Gobekli Tepe: The World’s First Temple? **Smithsonian Magazine**, 2008.

DE CARVALHO, M. M.; PATAH, L. A.; DE SOUZA BIDO, D. Project management and its effects on project success: Cross-country and cross-industry comparisons. **International Journal of Project Management**, v. 33, n. 7, p. 1509–1522, 2015.

DEFILLIPPI, R.; SYDOW, J. Project Networks: Governance Choices and Paradoxical Tensions. **Project Management Journal**, v. 47, n. 5, p. 6–17, 2016.

DEHGHANI, K. K.; MOSTAD-RAHIMI, KH.K. ; MOJTAHEDZADEH, KH.K. ; GHARIBI, K. . Recovery of gold from the mouteh gold mine tailings dam. **Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 109, n. 7, p. 417–421, 2009.

DINIZ, E. H. Risco de desabamento de barragens. **Revista Proteção**, p. 26, jan. 2019.

DINSMORE, P. C.; CABANIS-BREWIN, J. **The AMA Book of Project Management**. 2nd Editio ed. New York, NY: Amacom, a division of of American Management Association, 2006.

DITR. **Tailings Management: Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry**Canberra, AUstraliaAustralian Government. Department of Industry, Tourism and Resources, , 2007.

DNPM. **Informe Mineral 1o/2017** Brasília, 2017a.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro - Principais Substâncias Metálicas** Brasília, 2017b.

DOLOI, H. K. Understanding stakeholders ' perspective of cost estimation in project management. **International Journal of Project Management**, v. 29, n. 5, p. 622–636, 2011.

EDWARDS, V. H. et al. Integrate health, safety, and environment into engineering projects. **Chemical Engineering Progress**, v. 109, n. 4, p. 50–55, 2013.

EIGBE, A. P.; SAUSER, B. J.; FELDER, W. Systemic analysis of the critical dimensions of project management that impact test and evaluation program outcomes. **International Journal of Project Management**, v. 33, n. 4, p. 747–759, 2015.

ELS, F. **Anglo's Brazil iron ore expansion a go**. Disponível em: <<http://www.mining.com/anglos-brazil-iron-ore-expansion-go/>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

ENGWALL, M. No project is an island: Linking projects to history and context. **Research Policy**, v. 32, n. 5, p. 789–808, 2003.

ENVIRONMENTAL LAW ALLIANCE WORLDWIDE (ELAW). **Guidebook for Evaluating Mining Projects EIAs**. 1st. ed. Eugene, OR: Environmental Law Alliance Worldwide, 2010.

EXAME. As 15 maiores empresas de mineração. **Exame Magazine**, p. 1–20, 2014.

EXAME. Melhores e Maiores – As 500 maiores empresas do Brasil. **Grupo ABRIL**, ago. 2017a.

EXAME. Melhores e Maiores – As 1.000 Maiores Empresas do Brasil. **Grupo Abril**, ago. 2017b.

FERREIRA, G. S. **Análise e Desenvolvimento de Projetos de Empreendimentos Minerais: Um estudo sobre a aplicação da Metodologia Front-End Loading**, 2011.

FERREIRA, L. A. **Tese: Escavação e Exploração de Minas a Céu Aberto** São Paulo, 2013.

FILHO, E. DE A. M. **Rumo a um Desenho Técnico de um Sistema de Apoio à Decisão para uma reconfiguração do Soft Systems Methodology: O caso do Planejamento Sistêmico**, 2013.

FLESCH, C. Uma visão de FEL no Brasil. In: **Governança Corporativa de Projetos. Um guia para a gestão organizacional de projetos**. Rio de Janeiro, RJ: Brasport, 2015. p. 97–98.

FLESCH, C. E.; SELEME, R.; BORGA, E. **Proposta de Integração dos Níveis**

**Técnico , Estratégico e Institucional de Projetos Industriais em Ambientes Complexos : Estudo de Caso de Projeto de Grande Porte no Oriente Médio.** VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção - CONBREPPO. **Anais...**Ponta Grossa: 2018

FLESCH, C. E.; SELEME, R.; SOUZA, C. A. DE. **Metodologias de Gerenciamento de Projetos : Comparativo e Proposta de Integração entre o Guia PMBOK® , o PRINCE2® e o FEL.** VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção - CONBREPPO. **Anais...**Ponta Grossa: 2018

FLORICEL, S. et al. Extending project management research: Insights from social theories. **International Journal of Project Management**, v. 32, n. 7, p. 1091–1107, 2014.

FLYVBJERG, B. Over Budget, Over Time, Over and Over Again: Managing Major Projects. In: **The Oxford Handbook of Project Management**. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press, 2011.

FOO, N.; BLOCH, H.; SALIM, R. The optimisation rule for investment in mining projects. **Resources Policy**, v. 55, n. June 2017, p. 123–132, 2017.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 152–194, 2002.

FUERSTENAU, M. C.; HAN, K. N. **Principles of Mineral Processing**. Littleton, CO, USA: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc, 2003.

GARBARINO, E. et al. **Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries**. Seville, Spain: 2018.

GEORGE, R.; BELL, L. C.; EDWARD BACK, W. Critical Activities in the Front-End Planning Process. **Journal of Management in Engineering**, v. 24, n. 2, p. 66–74, 2008.

GERALDI, J.; LECHTER, T. Gantt charts revisited: A critical analysis of its roots and implications to the management of projects today. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 5, n. 4, p. 578–594, 2012.

GERALDI, J.; MAYLOR, H.; WILLIAMS, T. Now, let's make it really complex (complicated): A systematic review of the complexities of projects. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 31, n. 9, p. 966–990, 2011.

GIBSON, G.; WANG, Y. **Scope definition: A key to project success**. Proceedings of the RICS Foundation Construction and Building Research Conference (COBRA). **Anais...**Glasgow: COBRA, 2001

GIBSON JR., G. E. et al. What is preproject planning, anyway? **Journal of Management in Engineering**, v. 22, n. 1, p. 35–42, 2006.

GIBSON JR., G. E.; BINGHAM, E.; STOGNER, C. R. **Front end planning for**



**infrastructure projects.** Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice. **Anais...** Tempe, AZ, United States: Department of Construction Management and Engineering, Del E. Webb School of Construction, Arizona State University, 2010

GIBSON JR., G. E.; GEBKEN II, R. J. Design quality in pre-project planning: Applications of the project definition rating index. **Building Research and Information**, n. 5, p. 346–356, 2003.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6a. ed. Atlas, 2008.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6a. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2017.

GILBERT SILVIUS, A. J. et al. Considering sustainability in project management decision making; An investigation using Q-methodology. **International Journal of Project Management**, v. 35, n. 6, p. 1133–1150, ago. 2017.

GLANCEY, J. **Village to City: Giza Pyramid 2580-2560 BC**. Disponível em: <<http://historyofprojectmanagement.com/page/village-city-0>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

GPM GLOBAL. **The GPM P5 Standard for Sustainability in Project Management. Release 1.5.1** United States of America, 2012.

GPM GLOBAL. **PRiSM (Projects Integrating Sustainable Methods) Methodology**. Disponível em: <<https://www.greenprojectmanagement.org/prism-methodology>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

GRESHKO, M. **Mysterious Void Discovered in Egypt's Great Pyramid**. Disponível em: <<https://news.nationalgeographic.com/2017/11/great-pyramid-giza-void-discovered-khufu-archaeology-science/>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

HALL, N. G. Project management: Recent developments and research opportunities. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 21, n. 2, p. 129–143, 2012.

HAMYRAD, R. **Why forecasted initial project price is lower in developing countries**. Curtin University, 2015.

HARDIE, N. The prediction and control of project duration: A recursive model. **International Journal of Project Management**, v. 19, n. 7, p. 401–409, 2001.

HIGHSMITH, J. et al. **Agile Manifesto**. Disponível em: <<http://agilemanifesto.org/>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

IBRAM. **O Novo Marco Regulatório da Mineração no Brasil NOVO MARCO REGULATÓRIO DA MINERAÇÃO NO BRASIL** Brasília, 2013.

IBRAM. A indústria da Mineração Para o Desenvolvimento do Brasil e a Promoção da Qualidade de Vida do Brasileiro. p. 71, 2014.



IBRAM. **Economia Mineral do Brasil**, 2018.

IKA, L. A. Project success as a topic in project management journals. **Project Management Journal**, v. 40, n. 4, p. 6–19, 2009.

INDEPENDENT PROJECT ANALYSIS (IPA). **Mining, Metals and Minerals Approach**. Disponível em: <<http://www.ipaglobal.com/industries/mining-minerals-metals>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

INTERNATIONAL PROJECT MANAGEMENT ASSOCIATION (IPMA). **About Us**. Disponível em: <<http://www.ipma.world/about-us/>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

JIA, G. et al. A study of mega project from a perspective of social conflict theory. **International Journal of Project Management**, v. 29, n. 7, p. 817–827, 2011.

JOSLIN, R.; MÜLLER, R. Relationships between a project management methodology and project success in different project governance contexts. **International Journal of Project Management**, v. 33, n. 6, p. 1377–1392, 2015.

KARYOTIS, C.; ALIJANI, S. Soft commodities and the global financial crisis: Implications for the economy, resources and institutions. **Research in International Business and Finance**, v. 37, n. May 2016, p. 350–359, 2016.

KATCHEROVSKI, V. **Five Effective Project Management Methodologies and When to Use Them**. Disponível em: <<https://explore.easyprojects.net/blog/project-management-methodologies>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

KEEYS, L. A.; HUEMANN, M. Project benefits co-creation: Shaping sustainable development benefits. **International Journal of Project Management**, v. 35, n. 6, p. 1196–1212, 2017.

KERZNER, H. **Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling**. 10th. ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2009.

KOZAK-HOLLAND, M. **The History of Project Management (Lessons from History)**. Toronto, ON, Canada: Multi-Media Publications Inc., 2011.

KPMG. **KPMG's 2015 Global Construction Survey: Climbing the Curve**, 2015.

KUPERMAN, S. C.; MORETTI, M. R. **Lições Aprendidas de Acidentes e Incidentes com Barragens**. XXXI SNGB - Seminário Nacional de Grandes Barragens. **Anais...2017**

KWAK, Y. H. et al. What can we learn from the Hoover Dam project that influenced modern project management? **International Journal of Project Management**, v. 32, n. 2, p. 256–264, 2014.

LAWRENCE, P.; SCANLAN, J. Planning in the dark: Why major engineering projects fail to achieve key goals. **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 19, n. 4, p. 509–525, 2007.

LENFLE, S. Exploration, project evaluation and design theory: a rereading of the Manhattan case. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 5, n. 3, p. 486–507, 2012.

LENFLE, S.; LE MASSON, P.; WEIL, B. When Project Management Meets Design Theory: Revisiting the Manhattan and Polaris Projects to Characterize ‘Radical Innovation’ and its Managerial Implications. **Creativity and Innovation Management**, v. 25, n. 3, p. 378–395, 2016.

MACHADO, I. F.; SILVIA, S. F. 500 years of mining in Brazil: A brief review. **Resources Policy**, v. 27, n. 1, p. 9–24, 2001.

MANGEROTTI, P. **Projeto de terras raras vai produzir 5 mil toneladas em Goiás**. Disponível em: <<http://www.noticiasdemineracao.com/outros/news/1265353/projeto-terras-raras-prevê-produção-anual-mil-toneladas>>. Acesso em: 8 abr. 2018.

MARQUES JUNIOR, L. J.; PLONSKI, G. A. Gestão de projetos em empresas no Brasil: abordagem “tamanho único”? **Gestão & Produção**, v. 18, n. 1, p. 1–12, 2011.

MATOS, S.; LOPES, E. Prince2 or PMBOK – A Question of Choice. **Procedia Technology**, v. 9, p. 787–794, 2013.

MAYLOR, H.; TURNER, N. Understand, reduce, respond: project complexity management theory and practice. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 37, n. 8, p. 1076–1093, 2017.

MCINTOSH, S. A. **Keys to Successful Major Project Execution**. Lettleton, CO: 2017.

MERROW, E. W. **Industrial Megaprojects. Concepts, Strategies and Practices for Success**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2011.

MERWE, L. VAN DER. **7 Facts on Project Management Methodologies and Standards**. Disponível em: <[www.virtualprojectconsulting.com/7-facts-on-pm-methodologies-and-standards/](http://www.virtualprojectconsulting.com/7-facts-on-pm-methodologies-and-standards/)>. Acesso em: 1 abr. 2018.

METSO. **Basics in Mineral Processing**. Metso Corporation, 2015.

MIGUEL, P. A. C. et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2a. ed. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier Editora Ltda, 2012.

MILLER, R.; LESSARD, D. **The strategic management of large engineering projects : shaping institutions, risks, and governance**. Boston, MA: MIT Press, 2001.

MILLER, R.; LESSARD, D. R. Evolving strategy: Risk management and the shaping of mega-projects. In: **Decision-Making on Mega-Projects: Cost-Benefit Analysis, Planning and Innovation**. École Polytechnique, Montreal, Canada: Edward Elgar Publishing, 2008. p. 145–172.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Marco Regulatório da Mineração**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/marco-regulatorio-da>>

mineracao>. Acesso em: 18 mar. 2018.

MORAES, F. R. G. DE. **Contribuição ao estudo da concepção de projetos de capital em mega empreendimentos**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

MORRIS, P. W. G. **Reconstructing Project Management**. University College London, United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd., 2013.

MORRIS, P. W. G.; GERALDI, J. Managing the institutional context for projects. **Project Management Journal**, v. 42, n. 6, p. 20–32, 2011.

MOUTON, D. M. **Focussed growth : the development of a system to rank and prioritise new capital projects of mining companies**, 2010.

MULISANI, R. V. **Os principais fatores de risco nas diferentes fases do ciclo de vida dos projetos de capital em uma empresa de mineração nacional de grande porte**. Universidade Nove de Julho, 2013.

NETO, J. C. A. DA S. **AVALIAÇÃO DE MATURIDADE NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS**. Universidade Fundação Mineira de Educação e Cultura - FUMEC, 2011.

NEWMONT MINING CORPORATION. **The Mining Process**. Disponível em: <<https://www.newmont.com/operations-and-projects/mining-education/the-mining-process/default.aspx>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

NOLAN, D. P.; ANDERSON, E. T. 2 - Safety Management BT - Applied Operational Excellence for the Oil, Gas, and Process Industries. In: Gulf Professional Publishing, 2015. p. 39–80.

OLIVEIRA, L. B. DE. **PROJETOS DE MINERAÇÃO: avaliação por opções reais sob incerteza de preço do minério e câmbio**. Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças (FUCAPE), 2015.

OLIVEIRA, P. M. DE. **Análise do Desenvolvimento de Projetos de Capital Face ao Processo de Licenciamento ambiental: Estudos de Caso em projetos de Mineração**. UFMG, 2016.

OSTI, J. et al. Avaliação da Recuperação dos Metais Prata, Chumbo e Zinco Presentes em Rejeito de Processamento Hidrometalúrgico de Zinco. **HOLOS**, v. 06, p. 188–193, 2017.

ÖZTEK, M. F.; ÖCAL, N. Financial crises and the nature of correlation between commodity and stock markets. **International Review of Economics & Finance**, v. 48, p. 56–68, 2017.

PADALKAR, M.; GOPINATH, S. Six decades of project management research: Thematic trends and future opportunities. **International Journal of Project Management**, v. 34, n. 7, p. 1305–1321, 2016.

PAREDES, M. The glocalization of mining conflict: Cases from Peru. **Extractive Industries and Society**, v. 3, n. 4, p. 1046–1057, 2016.

PASSOS, A. O. **Proposta de Modelo para o Desenvolvimento de Projetos Minerais Sustentáveis no Brasil**. Universidade de São Paulo, 2015.

PAWAR, M. et al. Pre-Project Planning. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 04, n. 04, p. 2247–2249, 2017.

PIDD, M. **Systems modelling. Theory and Practice**. West Sussex: John Wiley and Sons, Ltd, 2004.

PMI INC. **Construction Extension to the PMBOK(R) Guide**. 2nd Editio ed. Newton Square, PA: Project Management Institute, Inc., 2016.

PMI INC. **Um Guia do Conhecimento de Gerenciamento de Projetos (Guia PMBoK®)**. 6ª Edição ed. Newton Square, PA: 2017a.

PMI INC. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBok® Guide)**. Sixth Edit ed. Newton Square, PA: Project Management Institute, 2017b.

PORTAL DA MINERAÇÃO. **Demanda por metais e minerais deve crescer**. Disponível em: <<http://portaldamineracao.com.br/ibram/demanda-por-metais-e-minerais-deve-crescer/>>. Acesso em: 8 mar. 2018.

PRADO, D. S. DO. **Projetos de Capital em Indústrias de Processos : Um modelo estruturado para gerenciamento de**. Universidade Estadual de Campinas, 2011.

PRIEMUS, H.; FLYVBJERG, B.; VAN WEE, B. **Decision-Making on Mega-Projects**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Ltd., 2008.

PRISCU, C. **Dam Safety and Risk Management - Opportunities and Challenges**. (AngloAmerican, Ed.)2nd Seminar on Risk Management and Safety of Tailings Dams. **Anais...**Belo Horizonte - MG: 2017

PROJECT COMMITTEE ISO. **ISO 21500:2012 Guidance on Project Management**International Organization for Standardization (ISO), 2012.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Home Page**. Disponível em: <[www.pmi.org](http://www.pmi.org)>. Acesso em: 18 mar. 2018.

PWC. **Stop. Think...Act. Review of global trends in the mining industry**, 2017.

RAGGI, J. Gestão de Projetos de Mineração. **Revista In the Mine**, jun. 2014.

RAMOS, J. R. A. Mineração no Brasil pós-colônia. In: LINS, F. A. F.; LOUREIRO, F. E. DE V. L.; ALBUQUERQUE, G. DE A. S. C. DE (Eds.). **Brasil 500 anos. A construção do Brasil e da América Latina pela Mineração**. Rio de janeiro, RJ: CETEM, 2000. p. 59–63.

RENDER, C. **The Benefits of Good FEL (Front-End Loading)**.OTC Toolkits, 2016.

ROBERTSON, A. M. **Doing, Checking and Checking the Checkers for Tailings, Water and Waste Management**. 2nd Seminar on Risk Management and Safety of Tailings Dams. **Anais...**Belo Horizonte - MG: 2017

RODRIGUES, D. F.; STRUMINSKI, E.; LIMA, T. T. C. DE. **Licenças para Degradar? Impactos socioambientais da mineração na América do Sul**. Aracaju, SE: EDUNIT, 2016.

SAFA, M. et al. **Front end planning tool**. (K. C.J., B. C., Eds.)Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering. **Anais...**Waterloo, ON, Canada: Canadian Society for Civil Engineering (CSCE), 2013

SAMANTA, B. K. Multi criteria decision model for mining projects. **Journal of Modern Project Management**, v. 4, n. 3, p. 110–117, 2017.

SAMSET, K. **Early project appraisal: Making the initial choices**. Faculty of Engineering Science and Technology, Norwegian University of Science and Technology, Norway: Palgrave Macmillan, 2010.

SÁNCHEZ-ARIAS, L. F.; SOLARTE-PAZOS, L. The body of knowledge of the project management institute-PMBOK® guide, and the specificities of project management - A critical review. **Innovar**, v. 20, n. 37, p. 89–100, 2010.

SÃO JOSÉ, F.; PEREIRA, C. Recuperação de Ferro a partir do Rejeito de Espirais da Mina de Água limpa por meio de separação magnética. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 13, n. 4, p. 296–301, 2016.

SAVOLAINEN, J. Real options in metal mining project valuation: Review of literature. **Resources Policy**, v. 50, p. 49–65, 2016.

SCHMITZ, J. A.; TEIXEIRA, A. Privatization's impact on private productivity: The case of Brazilian iron ore. **Review of Economic Dynamics**, v. 11, n. 4, p. 745–760, 2008.

SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4a ed. ed. Florianópolis, SC: UFSC, 2005.

SILVIUS, G. Sustainability as a new school of thought in project management. **Journal of Cleaner Production**, v. 166, p. 1479–1493, 2017.

SMALL, A.; WAINWRIGHT, D. SSM and technology management: Developing multimethodology through practice. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 3, p. 660–673, 2014.

SMITH, A. **An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations** Editora Nova Cultural Ltda (1996) ISBN 85-351-0827-0, 1776.

SMITH, A. **A riqueza das nações: investigação sobre sua natureza e suas causas. Volume 2**. Tradução de Luiz João Baraúna. São Paulo - SP: Editora Nova Cultural. Título Original: An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations, 1996.

SMITH, C.; WINTER, M. The craft of project shaping. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 3, n. 1, p. 46–60, 2010.

SMITH, D. **Gobekli Tepe**. Disponível em:

<[http://projectmanagementhistory.com/Gobekli\\_Tepe.html](http://projectmanagementhistory.com/Gobekli_Tepe.html)>. Acesso em: 24 mar. 2018a.

SMITH, D. **The Panama Canal**. Disponível em: <[http://projectmanagementhistory.com/The\\_Panama\\_Canal.html](http://projectmanagementhistory.com/The_Panama_Canal.html)>. Acesso em: 25 mar. 2018b.

SMITH, D. **The Manhattan Project**. Disponível em: <[http://projectmanagementhistory.com/The\\_Manhattan\\_Project.html](http://projectmanagementhistory.com/The_Manhattan_Project.html)>. Acesso em: 25 mar. 2018c.

STEFFEN, A.; COUCHMAN, J.; GILLESPIE, B. **Avoiding cost blow-outs on mining capital projects through effective project stage gating**. Brisbane, Australia. PriceWaterHouse Coopers (PWC), 2008.

SVEJVIG, P.; ANDERSEN, P. Rethinking project management: A structured literature review with a critical look at the brave new world. **International Journal of Project Management**, v. 33, n. 2, p. 278–290, fev. 2015.

THE NETWORKED DIGITAL LIBRARY OF THESES AND DISSERTATIONS (NDLTD). **Thesis Resources**. Disponível em: <<http://www.ndltd.org/resources/find-etds>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

TOMÁZ, R. S. et al. Produção de Concentrado de Magnetita por Jigagem a Partir do Rejeito de Rocha Fosfática. **HOLOS**, v. 7, p. 72–79, 2015.

TURNER, J. R. The management of the project-based organization: A personal reflection. **International Journal of Project Management**, v. 36, n. 1, p. 231–240, 2018.

UNGUREANU, A.; UNGUREANU, A. Methodologies Used in Project Management. **Annals of Spiru Haret University, Economic Series**, v. 5, n. 2, p. 47–53, 2014.

USGS; SOTO-VIRUET, Y. **2014 Minerals Yearbook Brazil [Advance Release]**. U.S.: 2017.

VALE. **Vale inaugura o maior projeto da história da mineração**. Disponível em: <<http://www.vale.com/PT/aboutvale/news/Paginas/vale-inaugura-o-maior-projeto-da-historia-da-mineracao.aspx>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

VAN VUUREN, S. H. J. **Evaluating the effect of life cycle cost forecasting accuracy on mining project valuations**. North-West University, 2013.

VERBA, Y.; IVANOV, I. Sustainable Development and Project Management: Objectives and Integration Results. **Economic and social changes: facts, trends, forecast**, v. 5, n. 5 (41), p. 135–146, 2015.

VIVANCO HUAYTARA, D. C. **Aplicación de las buenas prácticas del PMBOK a la iniciación, planificación, ejecución, monitoreo y cierre del proyecto minero Las Bambas**. Universidad Nacional de Ingeniería - Peru, 2015.

WALKER, D.; LLOYD-WALKER, B. Rethinking project management: Its influence on



papers published in the international journal of managing projects in business. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 9, n. 4, p. 716–743, 2016.

WANG, W.; LIU, W.; MINGERS, J. A systemic method for organisational stakeholder identification and analysis using Soft Systems Methodology ( SSM ). **European Journal of Operational Research**, v. 246, n. 2, p. 562–574, 2015.

WARTH, A.; ARAÚJO, C. **Marco regulatório vai transformar DNPM em Agência Nacional de Mineração.** Disponível em: <[https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2017/07/25/internas\\_economia,886541/marco-regulatorio-vai-transformar-dnpm-em-agencia-nacional-de-mineraca.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2017/07/25/internas_economia,886541/marco-regulatorio-vai-transformar-dnpm-em-agencia-nacional-de-mineraca.shtml)>. Acesso em: 18 mar. 2018.

WILLIAMS, T. M.; SAMSET, K.; SUNNEVÅG, K. J. **Making essential choices with scant information: Front-end decision making in major projects.** Southampton, United Kingdom: Palgrave Macmillan, 2009.

WINDE, F.; STOCH, E. J. (LESLIE). Threats and opportunities for post-closure development in dolomitic gold-mining areas of the West Rand and Far West Rand (South Africa) - a hydraulic view part 2 : opportunities. **Water SA**, v. 36, n. 1, p. 75–82, 2010.

WINTER, M. Problem structuring in project management: An application of soft systems methodology (SSM). **Journal of the Operational Research Society**, v. 57, n. 7, p. 802–812, 15 jul. 2006.

WINTER, M.; CHECKLAND, P. Soft systems: a fresh perspective for project management. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Civil Engineering**, v. 156, n. 4, p. 187–192, 2003.

WORLD BANK GROUP. **SPECIAL FOCUS: Investment weakness in commodity exporters**Washington, DC, 2017.

WORLD BANK GROUP. **Global Economic Prospects. Broad-Based Upturn, but for How Long?**Washington, DC, 2018.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Mining & Metals in a Sustainable World 2050**Cologny/Geneva, Switzerland, 2015.

WRIKE. **Choose Your Project Management Methodology.** Disponível em: <<https://www.wrike.com/project-management-guide/methodologies/>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

YEO, K. T. Systems thinking and project management — time to reunite. **International Journal of Project Management**, v. 11, n. 2, p. 111–117, maio 1993.

YIN, R. K. **Qualitative Research From Start to Finish.** New York: The Guilford Press, 2011.



## **APÊNDICE – ROTEIRO SEMI-ESTRUTURADO PARA ENTREVISTA COM OS ESPECIALISTAS NAS EMPRESAS SELECIONADAS**

Roteiro dividido em blocos de perguntas, conforme orientação de Gil (2008).

1. O primeiro bloco caracteriza a empresa.
2. O segundo bloco caracteriza o especialista e fará algumas perguntas de conhecimento geral do entrevistado com relação às metodologias de projetos existentes, para situá-lo no contexto da pesquisa.
3. O terceiro bloco contém principalmente perguntas abertas, para iniciar o entendimento sobre como são gerenciados os projetos, e quais características das metodologias estão sendo aplicadas na empresa, além de entender o nível de adaptação de cada uma delas. É uma oportunidade para os entrevistados descreverem com mais detalhes os processos existentes na empresa.
4. No último bloco, as perguntas são relacionadas às integrações propostas pela revisão de literatura para que se tenha uma visão de especialistas da indústria com relação a quais aspectos e características poderiam ser inseridos no modelo final e quais os resultados esperados.

**Pergunta Inicial – Por que projetos de barragens de rejeitos são importantes para a empresa?**

### **BLOCO 1:**

- 1) Há uma área corporativa de projetos na empresa?
- 2) Existem procedimentos formais da metodologia de projetos?
- 3) Há critérios de projetos para dividir entre pequenos, médios, grandes, complexos, internacionais, e outros?
- 4) Com relação aos projetos de barragens de depósito de rejeitos:
  - É utilizada a mesma metodologia de outros projetos?
  - Há adaptações no modelo existente?
  - Existe um processo específico apenas para esse tipo de projeto?
- 5) De quem é a responsabilidade pelo planejamento e execução de projetos de expansão ou de novas barragens de rejeitos?
  - Organização do projeto;
  - Área de operações;
  - Responsabilidade compartilhada.

**BLOCO 2:**

- 6) Qual a função do respondente?
- 7) Quanto tempo de experiência tem o respondente?
  - Na empresa?
  - Como profissional de projetos?
- 8) Recebeu treinamento específico na metodologia de projetos?
- 9) Quais metodologias o respondente está familiarizado:
  - Guia PMBOK®?
    - É um PMP (*Project Management Professional*)?
  - Metodologia *Front End Loading*, suas fases e os seus portões de aprovação?
  - Metodologia PRINCE2®, seus princípios e processos de seguimento dos projetos?
  - Metodologia Ágil e o método SCRUM?
  - Metodologia PRiSM, que trata de uma maneira mais detalhada do tema de sustentabilidade?
  - Processo *Shaping* (Formatação do contexto do projeto)?
  - *Basic Data* (dados básicos para a engenharia)?
  - Outros (AWP do CII, VIPs – *Value Improving Practices*)?

**BLOCO 3 (para projetos de Barragens de Rejeitos):**

- 10) O *business case* faz parte do ciclo de vida dos projetos da empresa? Ele é analisado dentro do contexto e ambiente dos projetos?
- 11) Quem usualmente faz o papel de patrocinador (*Sponsor*) no projeto: as operações, a unidade de negócio, responsáveis da mina?
- 12) A sustentabilidade (saúde, segurança e meio ambiente) está inclusa nos processos e métodos da empresa?
- 13) Há portões de aprovação e/ou verificação entre fases na metodologia de projetos?
- 14) Os projetos abordam avaliações de *stakeholders*, comunidades, ONGs?
- 15) Existe um encerramento formal dos projetos dentro da empresa?
- 16) Quais os pontos fortes e fracos da metodologia de projetos da empresa?
  - Fracos: Burocracia, necessidade de treinamento, muito complexo, não é flexível, é muito “técnico”.
  - Fortes: melhores resultados, melhor integração com o negócio, outros

**BLOCO 4 – Validar o Modelo com os Especialistas:**

- 17) Com base no Modelo apresentado pela pesquisa de literatura, com foco nos pontos híbridos e de interface dos padrões e práticas:
- Quais seriam potenciais lacunas (itens não incluídos)?
  - Há algum item que não faz sentido na empresa?
  - É possível aplicar o modelo totalmente ou parcialmente ao modelo atual da empresa?
- 18) O especialista considera importante que uma metodologia de aprovação por portões, a cada final de fase, traz benefícios aos resultados dos projetos? E por quê?
- 19) Que elementos poderiam ser inseridos na metodologia e no modelo que poderiam trazer melhores resultados?

Pergunta final ou durante a entrevista, citar exemplos de projetos que a empresa está executando e em que fase estão (planejamento, execução, encerramento, testes).

## ANEXO – LOCALIZAÇÃO DAS BARRAGENS DE REJEITOS NO BRASIL

Este anexo apresenta os mapas com as barragens de rejeito no Brasil, cadastradas pela Agência Nacional de Mineração (ANM) (ANM, 2019a). A FIGURA 25 mostra as barragens inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), e a A FIGURA 25 ainda mostra as classes de risco em uma barragem, variando de A até E, e a quantidade de barragens em cada uma das classes. Estas classes são definidas baseado em classificação de riscos, sendo “A” o maior e “E” o menor risco (ANM, 2019b; CNRH, 2010).

FIGURA 26 mostra as barragens não inseridas na PNSB. Ambas são data base de 2019.

FIGURA 25 - BARRAGENS DE MINERAÇÃO INSERIDAS NA PNSB



FONTE: ANM (2019)

A FIGURA 25 ainda mostra as classes de risco em uma barragem, variando de A até E, e a quantidade de barragens em cada uma das classes. Estas classes são definidas baseado em classificação de riscos, sendo “A” o maior e “E” o menor risco (ANM, 2019b; CNRH, 2010).



FIGURA 26 - BARRAGENS DE MINERAÇÃO NÃO INSERIDAS NA PNSB



FONTE: ANM (2019)